

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA
FACOLTÀ DI SCIENZE MM, FF, NN
CORSO DI LAUREA IN GEOLOGIA E GEOLOGIA TECNICA



**Analisi preliminare delle caratteristiche termofisiche della
Val Rendena (TN)**

Preliminary analysis of thermo-physical properties of the
Rendena Valley (TN)

Relatore: Dott. Galgaro Antonio

Correlatori: Prof. Sassi Raffaele

Prof.ssa Martin Silvana

Dott. Santuliana Ernesto

Dott.ssa De Sipio Eloisa

Dott.ssa Destro Elisa

Dott.ssa Visintainer Paola

Laureando: Alberti Silvio

ANNO ACCADEMICO 2012-2013

Wyrð bið ful aræð

Riassunto

Il lavoro di tesi ha come obiettivo l'analisi preliminare delle caratteristiche termofisiche della Val Rendena per ricavarne un'indicazione sul potenziale geotermico. I parametri fondamentali e preliminari per il buon dimensionamento di un impianto geotermico sono il valore di conducibilità termica dell'incassante, le temperature dell'aria e le caratteristiche chimiche e termiche delle falde o delle acque superficiali. L'analisi effettuata centrata sullo studio dell'assetto termico delle matrici naturali è stato contestualizzato nel quadro geologico locale. A tal fine sono stati prelevati 26 campioni di rocce e sedimenti su cui sono state eseguite analisi in laboratorio. Di alcuni campioni sono state realizzate sezioni sottili ed analisi modali delle fasi mineralogiche presenti per la valutazione dei contributi alle proprietà termiche delle fasi mineralogiche ed ottenere informazioni sull'eventuale influenza di strutture non isotropiche. Per quanto riguarda le acque, ci si è concentrati sulla caratterizzazione idrogeochimica e dei regimi termici delle sorgenti presenti nel territorio allo scopo di verificarne le potenzialità di utilizzo e indirizzare ulteriori ricerche di tipo idro-termico. La determinazione della distribuzione areale della temperatura media annua dell'aria, che costituisce un parametro fondamentale per la definizione delle temperature nel primo sottosuolo è stata calcolata utilizzando delle formule semplificate che si sono qualitativamente comparabili con i risultati ottenute mediante altre metodologie. La creazione di mappe tematiche di carattere termo-fisico, costituisce inoltre un prodotto in formato digitale utile agli organi di gestione territoriale oltrechè a livello progettuale, di poter disporre di uno strumento essenziale per l'analisi di fattibilità di sistemi di scambio termico dedicati alla climatizzazione degli edifici.

Abstract

The main goal of this thesis consists in the preliminary analysis of the thermo-physical features of the Rendena Valley aimed at obtaining an indication of its geo-thermal potential. The basic and preliminary constants for adequate dimensioning of a geo-thermal system are the thermal conductivity values of rocks and sediments, the air temperature and the thermal and chemical properties of ground and surface waters. The implemented analysis, hinged on the study of the thermal structure of the natural matrix, has been set in the local geological environment. For this reason 26 samples of different rocks and sediments were collected from the area and underwent laboratory analysis. Some of the samples have been cut thin sections and underwent modal analysis of the present mineralogical phases for the evaluation of the contributions of those to the thermal properties, and in order to obtain further information about the potential influence of non-isotropic structures.

As to the waters, the analysis focused on their hydro-geochemical features and on the thermal aspect of the local water springs, in order to verify their potential use and organize further hydro-thermal researches. The determination of the average annual thermal distribution in the area, which is considered to be a fundamental constant for the definition of the temperatures of the underground, was evaluated using facilitated formulas, which can be compared, on a quality level, to the results obtained using other means of evaluations.

The creation of thematic thermal maps, in addition to be a very useful digital-format support even for local authorities, allows, on a planning level, the availability of a essential instrument for the feasibility analysis of thermal-exchange-systems duly designed for the conditioning of the buildings.

Ringraziamenti

Si ringrazia il Dott. Galgaro Antonio per l'elaborazione di una tesi in luogo a me caro. La Dott.ssa De Sipio Eloisa e la Dott.ssa Destro Elisa per l'aiuto nella pianificazione del lavoro e con Arcmap, il Prof. Sassi Raffaele per l'aiuto nelle analisi petrografiche, il Dott. Santuliana Ernesto e la Dott.ssa Visintainer Paola del Servizio geologico della Provincia di Trento per la disponibilità e l'accesso ai dati storici, il Sig. Tauro Leonardo per la celerità nell'esecuzione delle sezioni sottili e il Dott. Giaretta Aurelio per l'aiuto nel laboratorio delle analisi termiche. Si ringrazia la Prof.ssa Martin Silvana per la disponibilità dimostrata. Un ringraziamento agli amici Dott. Rucatti Daniele per l'aiuto con Matlab, al Dott. Alberti Franco per l'aiuto nelle correzioni e al Dott. Chemotti Alessandro per la compagnia nel campionamento e in questi anni di studio. Un enorme ringraziamento alla mia famiglia. A mia madre per aver sempre avuto fiducia nelle mie capacità e a mio padre per avermi sempre spinto con il suo esempio a migliorarmi. Infine un grazie a quello "*spirto guerrier ch'entro mi rugge*", ereditato, che talvolta emerge e mi dà la forza di riuscire e di osare. Ora sta a te "P_ _ _ _ l"!!!

Indice

| | |
|--|-------|
| Introduzione | p. 1 |
| 1 Inquadramento geografico | p. 3 |
| 2 Geotermia | p. 7 |
| 2.1 Energia geotermica | p. 7 |
| 2.2 Geotermia a bassa entalpia | p. 12 |
| 2.3 Normativa della Provincia di Trento | p. 19 |
| 3 Cenni di Termodinamica | p. 23 |
| 3.1 Trasferimento del calore | p. 23 |
| 3.2 Proprietà termiche materiali naturali | p. 26 |
| 3.2.1 Influenze termiche nel suolo | |
| 4 Inquadramento geologico | p. 19 |
| 4.1 Inquadramento geostrutturale | p. 31 |
| 4.2 Caratteristiche litologiche dell'area di studio | p. 36 |
| 4.2.1 Basamento Metamorfico Sudalpino | |
| 4.2.2 Intrusioni Permiane | |
| 4.2.3 Gruppo di Tione | |
| 4.2.4 Verrucano Lombardo | |
| 4.2.5 Arenarie di Val Gardena | |
| 4.2.6 Formazione di Werfen | |
| 4.2.7 Dolomia del Serla inferiore | |
| 4.2.7 Calcarea di Angolo | |
| 4.2.8 Conglomerato di Richtofen | |
| 4.2.9 Calcarea di Prezzo | |
| 4.2.10 Formazione di Buchestein-Livanallongo | |
| 4.2.11 Formazione di Contrin (CTR) e Dolomia dello Sciliar | |
| 4.2.12 Calcarea di Esino | |
| 4.2.13 Arenaria di Val Sabbia | |
| 4.2.14 Formazione di Breno | |
| 4.2.15 Dolomia Principale | |
| 4.2.16 Calcarea di Zorzino | |

| | | |
|----------|---|--------|
| 4.2.17 | Calcare di Zu | |
| 4.2.18 | Gruppo dei Calcari Grigi | |
| 4.2.19 | Formazione di Tofino | |
| 4.2.20 | Maiolica | |
| 4.2.21 | Formazione di Val D'Agola | |
| 4.2.22 | Batolite dell' Adamello | |
| 4.2.22.1 | Plutone Re di Castello | |
| 4.2.22.2 | Plutoni del Corno alto e Sostino | |
| 4.2.22.3 | Plutone dell' Adamello | |
| 4.2.22.4 | Plutone della Val d'Avio – Val di Genova | |
| 4.2.22.5 | Plutone della Presanella | |
| 4.3 | Successioni Plio-quadernarie | p. 52 |
| 4.4 | Inquadramento geomorfologico | p. 54 |
| 4.5 | Inquadramento idrologico | p. 57 |
| 5 | Screening proprietà termiche | p. 65 |
| 5.1 | Conducibilità termica delle rocce e dei sedimenti dell'area di studio | p. 65 |
| 5.1.1 | Strumentazione | |
| 5.1.2 | Analisi bibliografica | |
| 5.1.3 | Risultati | |
| 5.2 | Studio termo-climatico | p. 79 |
| 5.3 | Analisi termochimica delle sorgenti | p. 83 |
| 5.3.1 | Caratterizzazione termica | |
| 5.3.2 | Caratterizzazione chimica | |
| 6 | Cartografia tematica | p. 105 |
| 7 | Analisi petrografica | p. 111 |
| 8 | Conclusioni | p. 123 |
| 9 | Bibliografia | p. 125 |
| 9.1 | Web-bibliografia | p. 129 |
| | Allegati | |

Introduzione

Il lavoro di tesi prevede la valutazione delle potenzialità geotermiche di bassa entalpia della Val Rendena in un progetto di studio a carattere multidisciplinare, che coinvolge competenze geotermiche, geochimiche, climatiche e idrogeologiche.

L'area in esame è stata scelta sulla base delle particolari caratteristiche di esemplarità e rappresentatività, essendo caratterizzata dalla presenza di elementi strutturali di grande rilevanza che hanno determinato la presenza di ambienti geologici molto differenti nei due versanti vallivi.

Il lavoro sarà incentrato sulla raccolta delle informazioni "termiche" di base, finalizzate alla creazione di mappe termiche tematiche:

- delle acque
- dell'aria
- delle litologie.

Per le analisi sulle acque sono stati analizzati i dati relativi alle sorgenti presenti nell'area forniti dalla Provincia Autonoma di Trento (PAT). Di queste è stata analizzata oltre che la temperatura (Cap. 5.3.1), anche la chimica (Cap.5.3.2).

Per lo studio dell'aria sono stati utilizzati i dati di Meteotrentino e la relazione di Claps (2003) al fine di ottenere la temperatura media dell'aria nella zona in funzione della quota, della latitudine e della concavità del territorio (Cap.5.2).

Per lo studio delle litologie e sedimenti, si è prelevata una litologia per ciascuna tipologia e, previo il taglio verticalmente (ove possibile) e parallelamente alla giacitura e l'essiccamento in forno a 70°C (solo analisi *dry*), si è ricavata la conducibilità termica (vedi cap.5.1.3).

La conoscenza di questi dati è fondamentale per la creazione e il dimensionamento di impianti geotermici. Questi dati quindi forniscono un'idea del potenziale geotermico del territorio.

1 Inquadramento Geografico

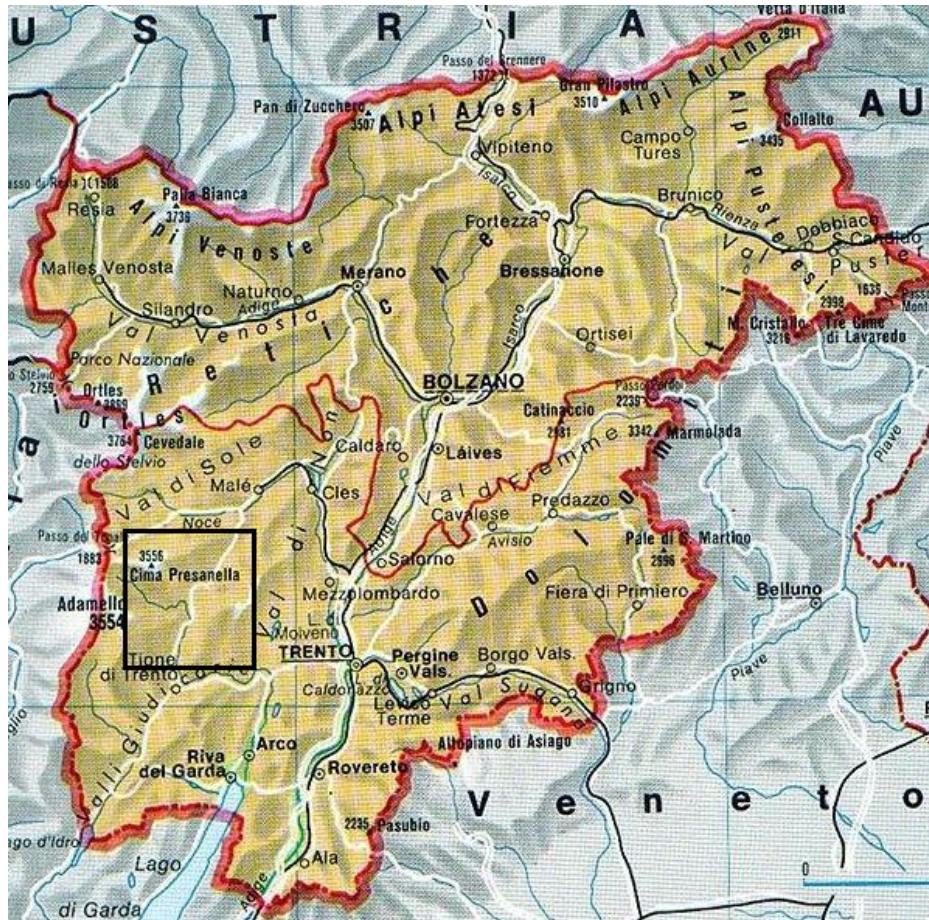


Fig.1.1: Inquadramento geografico dell'area.

L'area di studio è situata nel Trentino Occidentale e comprende la Val Rendena. La valle è di origine glaciale e si estende dall'abitato di Verdesina fino a quello di Carisolo dove si dirama a Ovest nella val Genova e a Est nelle valli di Brenta, Valesinella, D'Agola, Nambrone e Di Campiglio fino ad arrivare a Madonna di Campiglio.

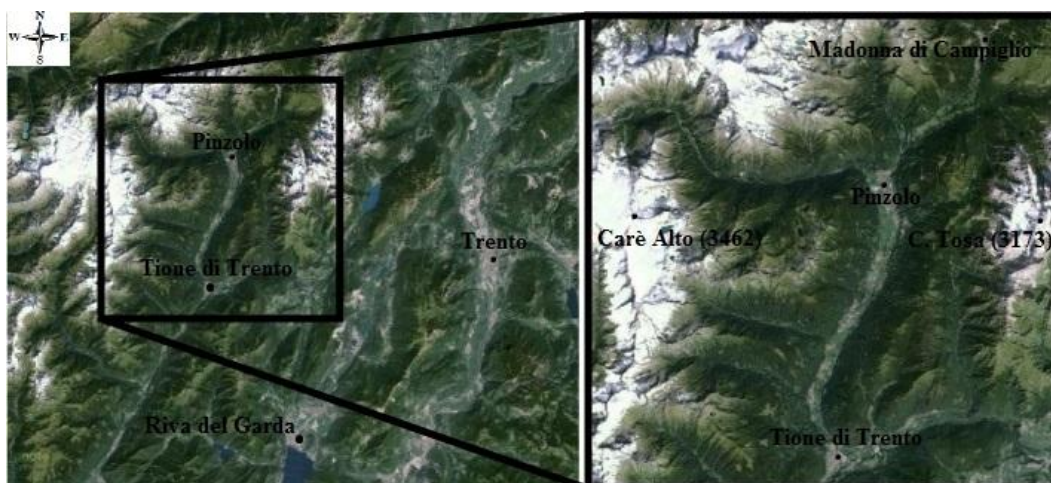


Fig.1.2: Trentino orientale e zoom nell'area di studio (*Google Earth mod*)

L'area è compresa nelle Alpi Retiche Meridionali e più precisamente comprende le due sottosezioni delle Alpi dell'Adamello e Presanella (Cima Adamello 3539 m s.l.m. e Cima Presanella 3558 m s.l.m.) per il versante destro e delle Dolomiti di Brenta (Cima Tosa 3173 m s.l.m.) per il versante sinistro (SOIUSA 2006).

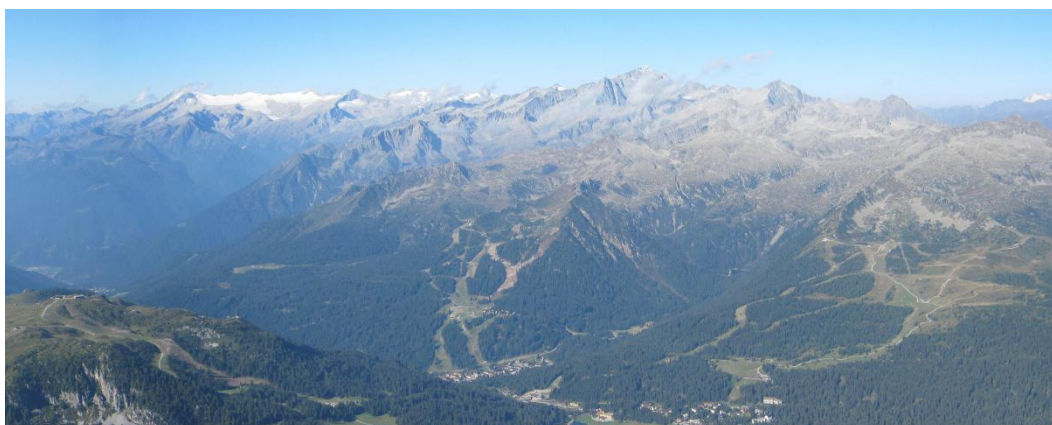


Fig.1.3: Alpi dell'Adamello(a sinistra) e della Presanella (a destra) viste da Cima Sassara (2895m)

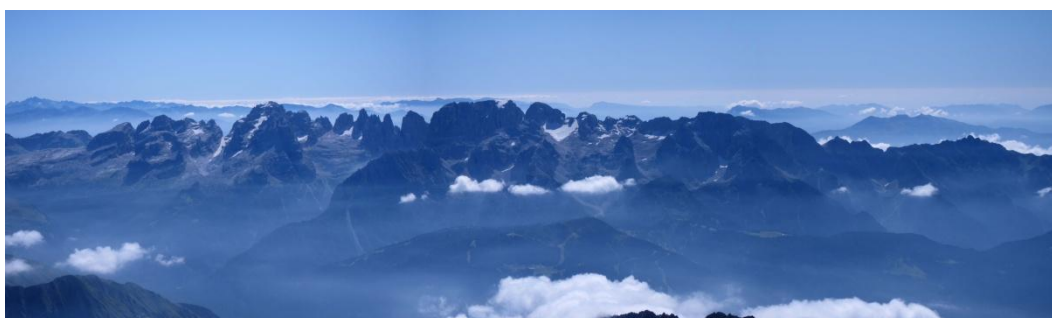


Fig.1.4: Dolomiti di Brenta viste da Cima Presanella (3558m)

Le Alpi Adamello – Presanella e le Dolomiti di Brenta hanno come confini a Nord il gruppo dell’Ortles separate dal Passo Tonale e dalla Val di Sole, a Est la Valle di Non, il Lago di Molveno e il Gruppo della Paganella, a Sud-Est le Prealpi Gardesane separate dalla Sella di Bondo, a Sud le Prealpi Bresciane separate dal Passo Crocedomini e ad Ovest le Prealpi Bergamasche e le Alpi Orobie separate dalla Val Camonica. Nella parte Sud Orientale è presente la dorsale del Doss del Sabion (2101 m l.s.m.), M. Cargadur (1870 m l.s.m.) M. Durmont (1837 m l.s.m.). Questa dorsale è separata dal Gruppo del Brenta dalla Val d’Algone e dalla Val d’Agola che scorrono parallele alla Val Rendena. Sono presenti nel versante destro numerose valli con andamento E-O (vedi cap.4.4).

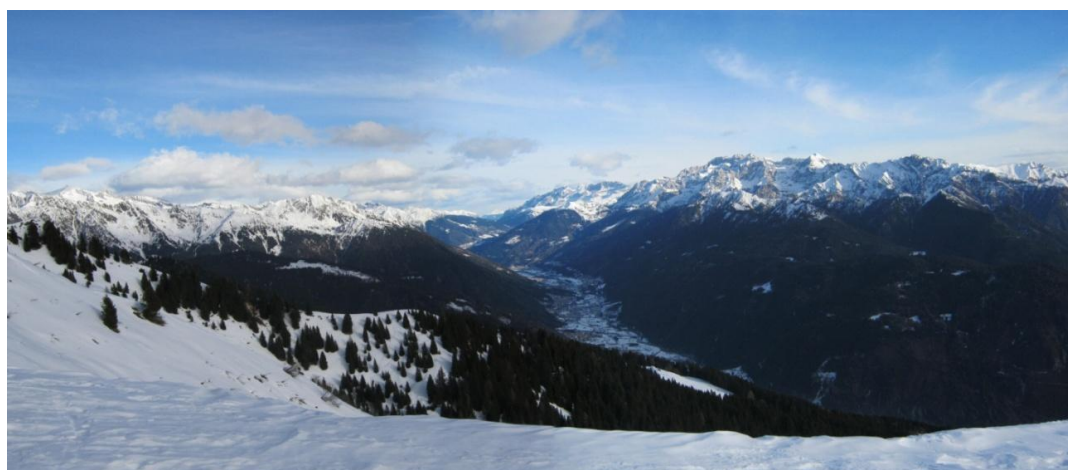


Fig.1.3: Vista sulla Val Rendena dal M. Cengledino (2137 m s.l.m.). In destra il Gruppo del Brenta mentre a sinistra si può intuire l’andamento E-O di alcune valli del Gruppo Adamello – Presanalla.

L’area di studio si trova interamente nel bacino del fiume Sarca, corso principale dell’area. Oltre alla Sarca sono presenti numerosi affluenti e laghi di origine glaciale (vedi Cap.4.5). L’area è immersa in buona parte (Fig.1.4) nel Parco Naturale Adamello-Brenta (PNAB), la maggiore area protetta del Trentino, che si estende per oltre 620 Km². rende ancora più interessante l’individuazione del potenziale di sfruttamento di energie ecosostenibili come quella oggetto dello studio.

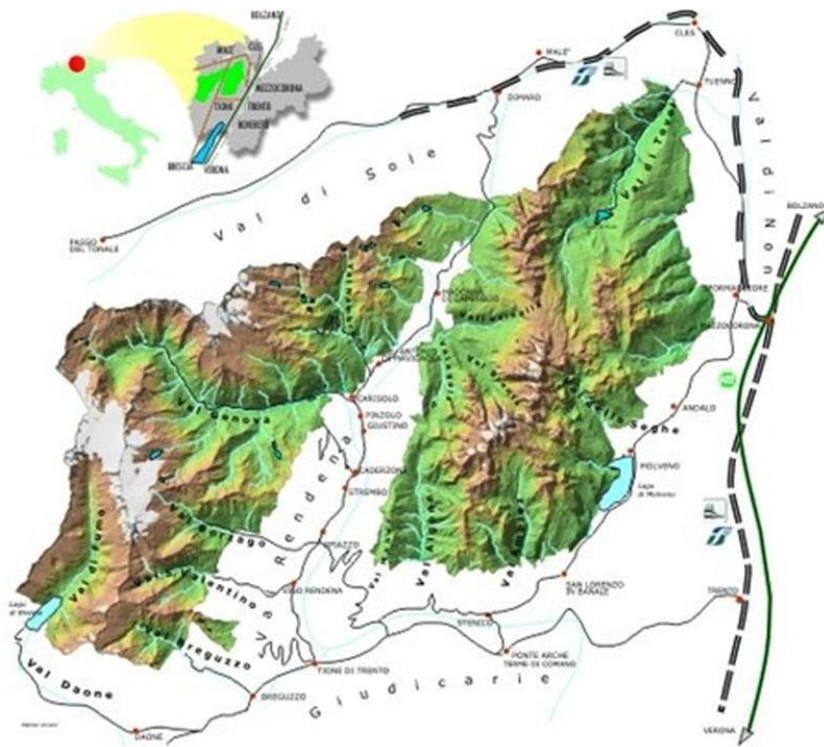


Fig.1.4: Parco Naturale Adamello-Brenta (PNAB)

2 Geotermia

Il termine geotermia deriva dai nomi greci “*geo*”= “terra” e “*thermòs*” = “calore” ed il significato letterale è “calore della terra”. Per energia geotermica si intende quindi quella fonte di energia che sfrutta il calore prodotto dal decadimento degli isotopi radioattivi contenuti all’interno della terra che è possibile estrarre e sfruttare.

2.1 Energia Geotermica

Dal decadimento degli isotopi radioattivi si crea un flusso di calore che, trasmesso da rocce, fluidi e gas, raggiunge la superficie terrestre. Si avrà quindi un gradiente geotermico tipico per ogni zona a seconda delle sue caratteristiche. Il gradiente geotermico medio è di $2,5-3^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, di conseguenza, se la temperatura media annua esterna è di 15° , si può prevedere che la temperatura sia di $65^{\circ}-75^{\circ}\text{C}$ a 2000 m di profondità, di $90-95^{\circ}$ a 3000 m e così via. Vi sono delle zone che si discostano di molto da questo valor medio, che può decuplicarsi in zone particolarmente idonee e dimezzarsi in altre. Nella maggior parte dei casi la temperatura del sottosuolo si aggira attorno a $12-14^{\circ}\text{C}$ tra i 10 e 100 m di profondità, mentre la temperatura media del terreno a 10 m corrisponde all’incirca alla temperatura media annuale dell’aria esterna. Nella Fig.2.1.1 è riportato l’andamento della temperatura durante le stagioni dell’anno. Il grafico evidenzia che il terreno risente di sbalzi di temperatura stagionale solo nei primi 15 m di profondità, dopo di che risulta costante tutto l’anno.

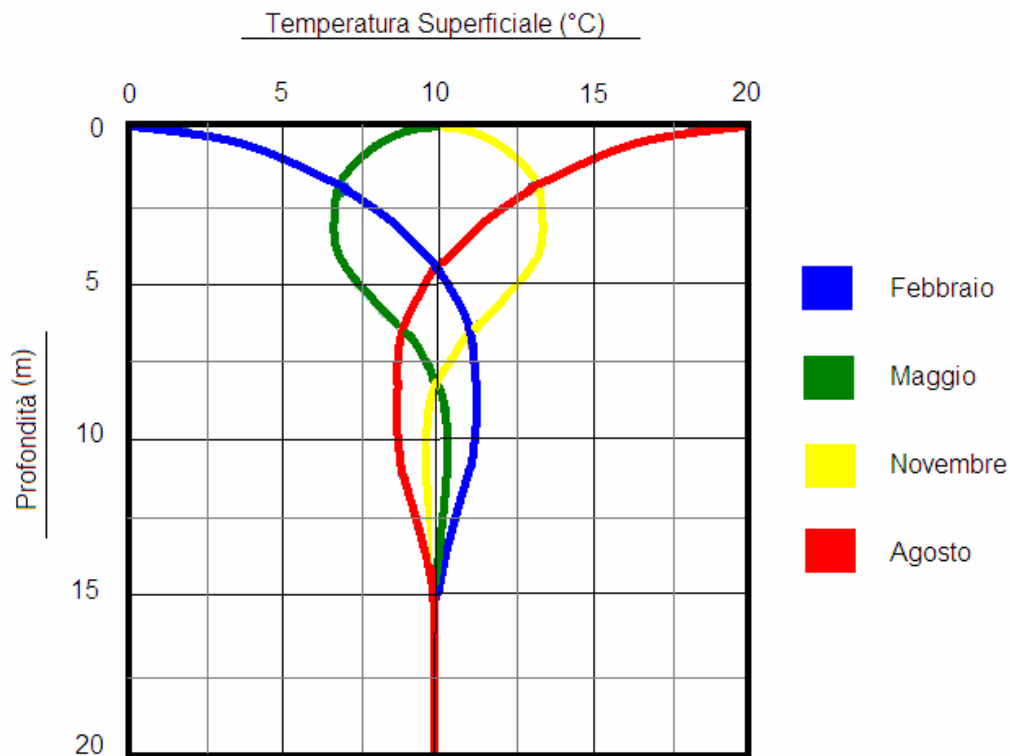


Fig.2.1.1: Andamento della temperatura nel sottosuolo. (Galgaro)

La temperatura del terreno superficiale è strettamente legata quindi alla temperatura media annua dell'aria perché il calore che ne deriva è direttamente dovuto all'energia solare assorbita dalla superficie. La variazione di temperatura con l'incremento della profondità è descritto dalla formula:

$$grad \cdot T = \frac{dT}{dz}$$

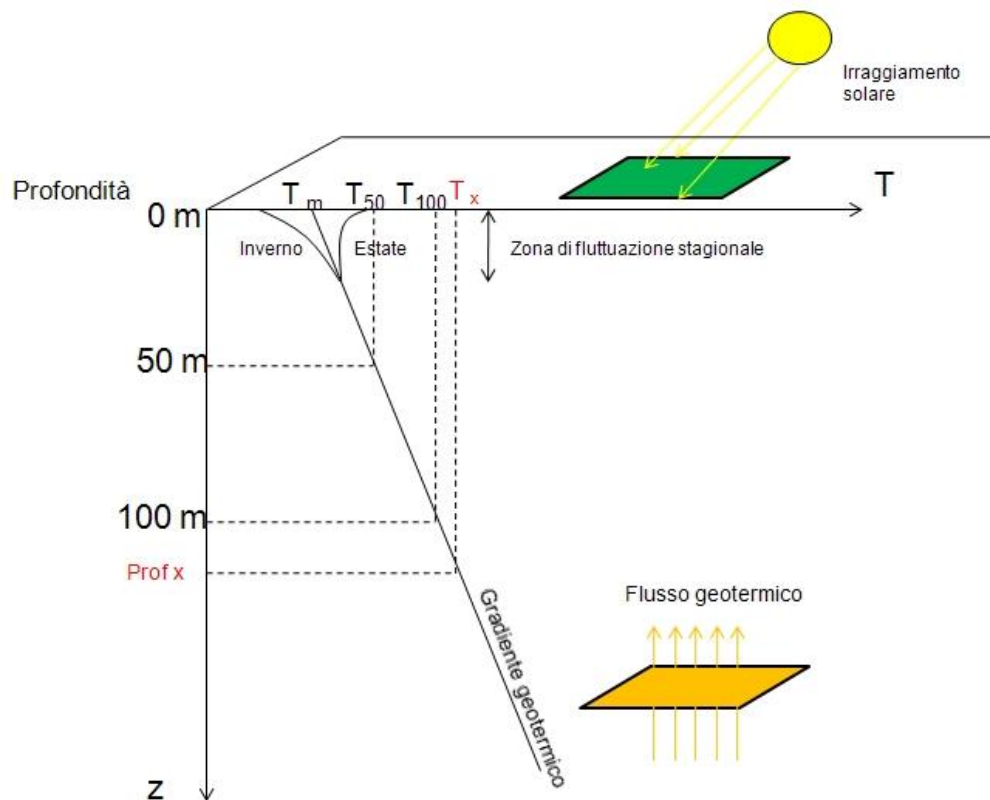


Fig.2.1.2: Schema per il calcolo del gradiente geotermico partendo da due punti con temperature diverse a differenti profondità (Galgaro)

Invece, in profondità agisce il calore dovuto al flusso geotermico. La differenza di temperatura tra le zone profonde più calde interne alla Terra e quelle superficiali, più fredde, crea un flusso di calore dall'interno verso l'esterno (vedi Cap.3). Il flusso di calore terrestre medio è di 65 mWm^{-2} nelle aree continentali (crosta spessa) e 101 mWm^{-2} nelle aree oceaniche (crosta sottile), ottenendo una media globale di 87 mWm^{-2} (Pollack et al, 1993). In Figura 2.1.3 si può osservare la mappa del flusso di calore d'Italia.

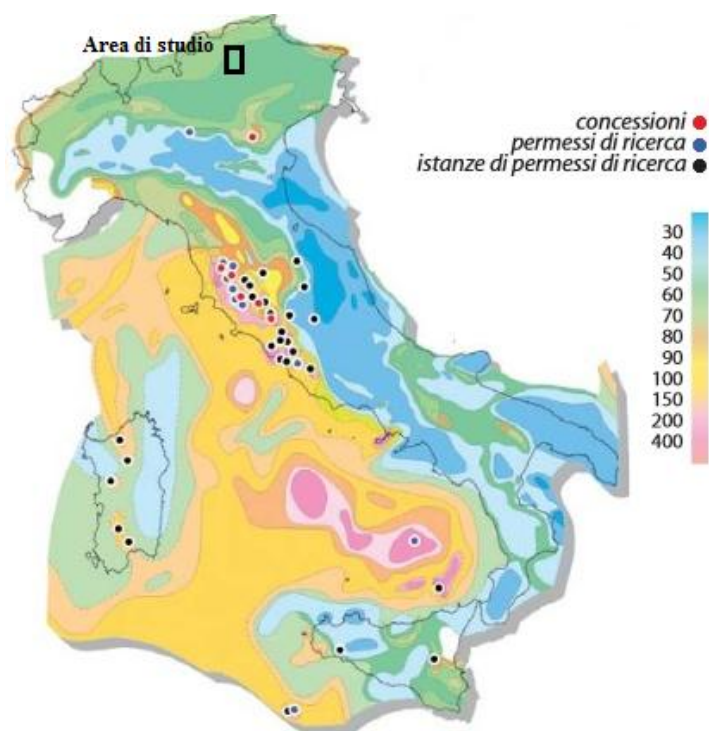


Fig.2.1.3: Mappa del flusso di calore(mWm^{-2}) d'Italia (www.vigor-geotermia.it, mod)

Si può notare, che secondo la mappa l'area di studio dovrebbe possedere un flusso di calore di circa 60 mWm^{-2} .

Le risorse geotermiche possono essere classificate secondo vari criteri in risorse a bassa, media e alta entalpia (o temperatura) (Fig.2.1.4).

| Classificazione delle risorse geotermiche in base alla temperatura ($^{\circ}\text{C}$) | | | | |
|---|--------|---------|---------|------------|
| | (a) | (b) | (c) | (d) |
| Risorse a bassa entalpia | <90 | <125 | <100 | ≤ 150 |
| Risorse a media entalpia | 90-150 | 125-225 | 100-200 | * |
| Risorse ad alta entalpia | >150 | >225 | >200 | >150 |
| <i>a) Muffler e Cataldi, 1978</i> | | | | |
| <i>b) Hochstein, 1990</i> | | | | |
| <i>c) Benderitter e Cormy, 1990</i> | | | | |
| <i>d) Nicholson, 1993</i> | | | | |

Fig.2.1.4: Classificazione risorse geotermiche in $^{\circ}\text{C}$ secondo vari studi e criteri (<http://geologia-e.igg.cnr.it>).

Da questa tabella si deduce che vi sono due tipologie di sfruttamento principali. Il primo mediante risorse ad alta entalpia per la produzione di energia elettrica, il secondo per usi diretti (vedi Fig.2.1.5). L'energia geotermica, al contrario delle altre fonti rinnovabili come il solare e l'eolico, è indipendente dai fattori temporali (alternanza giorno/notte, precipitazioni, venti discontinui) ed è sfruttabile ovunque anche se, ovviamente, ci saranno zone più convenienti di altre. Viste le finalità e le potenzialità dell'area di studio in questo lavoro ci concentreremo esclusivamente sulla geotermia a bassa entalpia.

Qui di seguito (Fig.2.1.5) è riportata un'immagine con alcuni utilizzi attuabili con questa tecnologia.

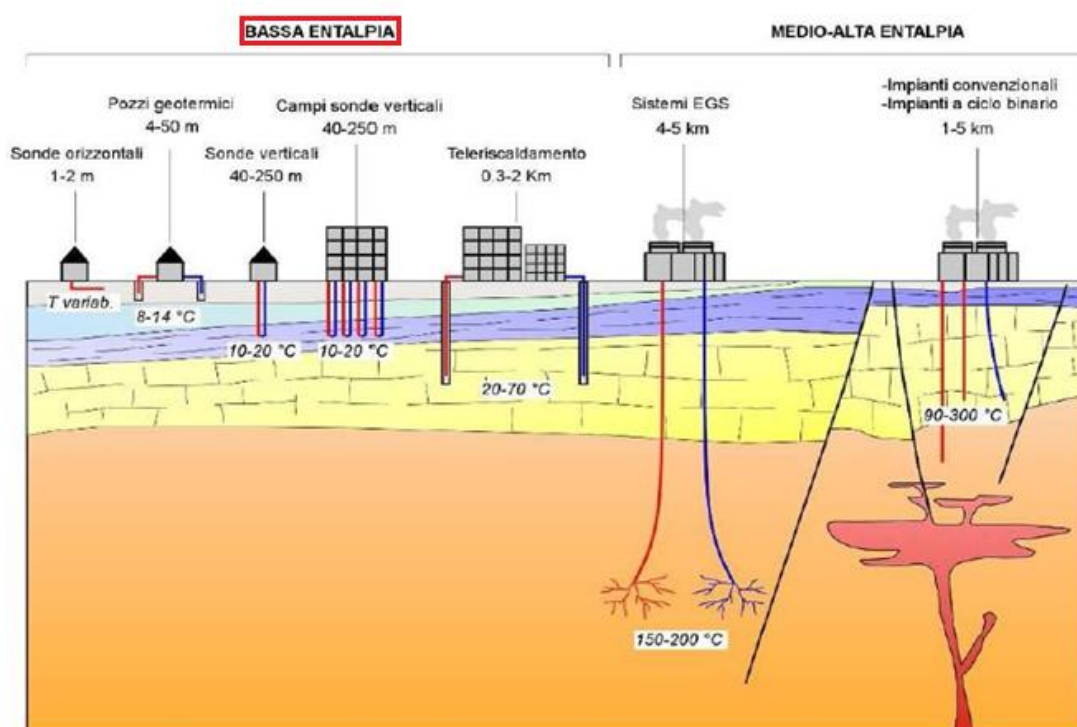


Fig.2.1.3: Possibili utilizzi dell'energia geotermica (Galgaro)

2.2 Geotermia a bassa entalpia

Questa tecnologia è utilizzata in modo ubiquitario e si basa su processi di scambio termico con il sottosuolo, inteso come serbatoio termico dal quale estrarre calore durante l'inverno e cedere calore al medesimo in estate, per raffrescare.

Nel caso di utilizzo per la climatizzazione di edifici, per estrarre calore dal sottosuolo ci si avvale di una pompa di calore se il sistema è “*active cooling*” o senza se è “*free cooling*” e di scambiatori termici (sonde geotermiche).

Le pompe di calore sono macchine che spostano il calore in direzione opposta a quella in cui tenderebbe ad andare naturalmente, cioè da un corpo più freddo verso uno più caldo. Funziona allo stesso modo di un condizionatore, di un refrigerante; la differenza sta nell'utilizzo. Molte pompe di calore sono reversibili, ossia possono essere utilizzate per creare caldo di inverno e freddo d'estate, aumentando così l'efficienza degli impianti.

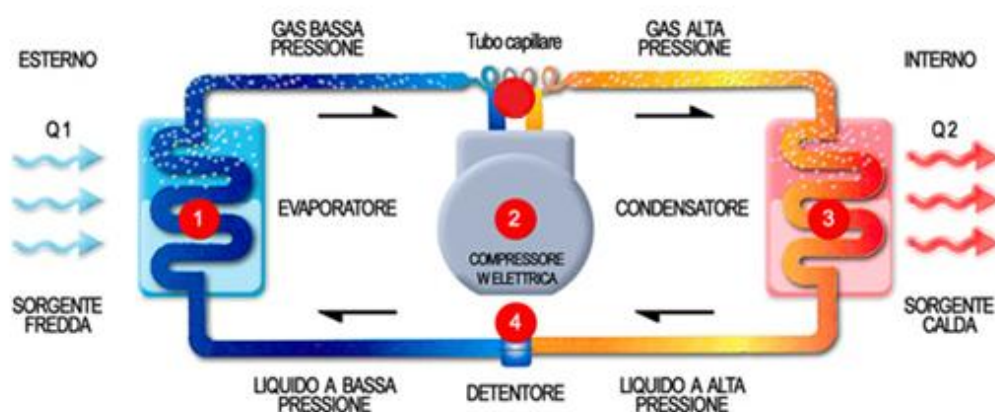


Fig.2.2.1.Immagine pompa di calore (www.genesiasrl.it)

Le pompe di calore a trascinamento elettrico sono basate su un ciclo termodinamico molto semplice ovvero un ciclo frigorifero inverso. Tecnicamente ciò è realizzato attraverso quattro trasformazioni: evaporazione, compressione, condensazione, espansione. Il ciclo opera sfruttando due trasformazioni in cambiamento di fase, evaporazione e condensazione; le altre due trasformazioni (compressione ed espansione) sono quindi necessarie a completare il ciclo per

passare dal livello di pressione inferiore a quello superiore e viceversa. Se si fa riferimento alla figura 2.2.1 le trasformazioni sono:

1. Evaporazione: all'interno di uno scambiatore di calore detto evaporatore il fluido refrigerante evapora assorbendo il calore fornito dalla sorgente esterna.
2. Compressione: il vapore prodotto dall'evaporazione entra nel compressore e viene portato alla pressione di condensazione; durante questa trasformazione si verifica un aumento di temperatura; in uscita dal compressore il vapore è surriscaldato, è cioè a temperatura più elevata di un vapore saturo alla stessa pressione.
3. Condensazione: il vapore surriscaldato all'interno di uno scambiatore di calore detto condensatore, scambiando energia termica con l'acqua dell'impianto di riscaldamento, cede calore e si raffredda; nella prima parte dello scambio termico il vapore raggiunge la temperatura di condensazione cui segue una fase a temperatura costante in cui si realizza il cambiamento di fase fino ad ottenere in uscita fluido allo stato liquido.
4. Espansione: il liquido, per completare il ciclo, deve tornare alla pressione di evaporazione; ciò avviene attraverso un processo di espansione. Questo provoca un abbassamento della temperatura del liquido e il ciclo ricomincia.

Per ottenere buone prestazioni da un impianto la pompa di calore deve avere un dimensionamento corretto, ossia avere un buon COP (*Coefficient Of Performance*). Esso è dato dal rapporto fra il calore somministrato alla sorgente a temperatura più alta e il lavoro speso per farlo.

$$COP_{pc} = \frac{|Q|}{|L|}$$

Solitamente per impianti geotermici i COP si aggirano tra 4 e 6. Quando si supera un COP di 2,61 si ottiene un vantaggio in termini di emissioni di CO₂ a parità di energia termica prodotta.

I sistemi a pompa di calore possono essere di vario tipo e permettono le più svariate soluzioni impiantistiche, sia a circuito chiuso che a circuito aperto.

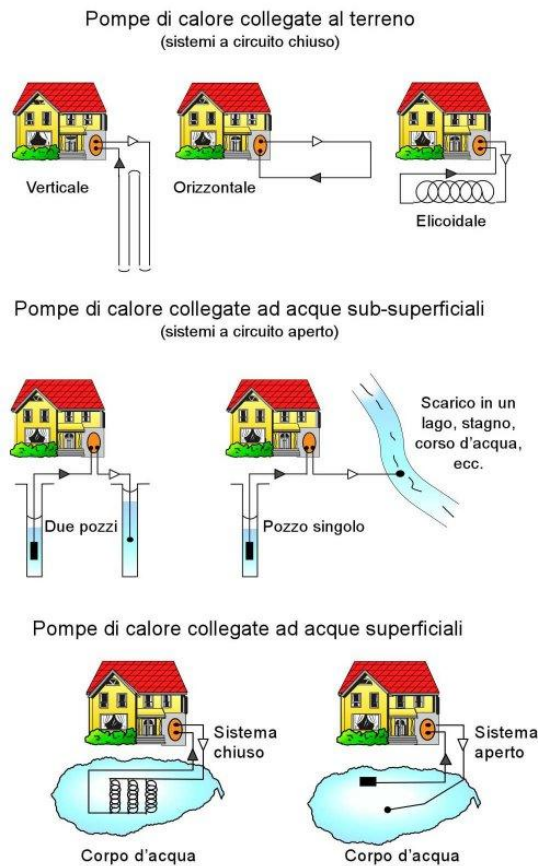
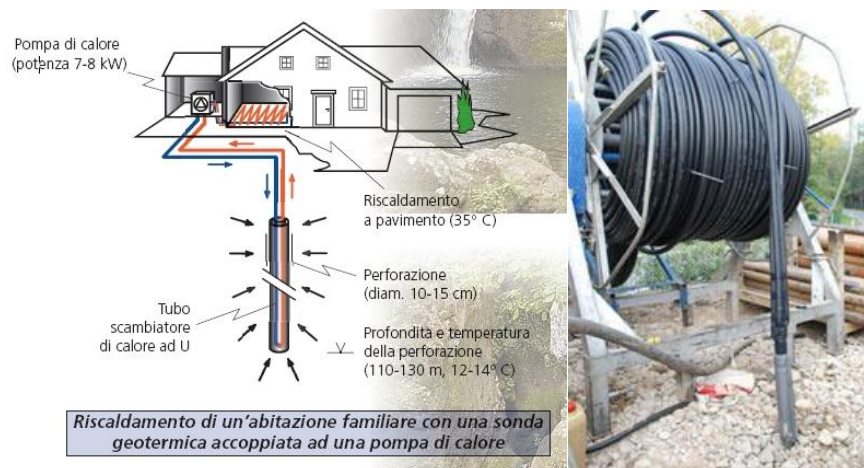


Fig. 2.2.2 Schemi semplificati di sistemi a pompe di calore (Fanelli)

Il sistema con scambiatori a sonde verticali è il più diffuso. Mediamente si perfora il terreno per prelevare il calore (o il freddo) per 100 metri, con un diametro di circa 15 cm. In questi fori, con l'aiuto di contrappesi, vengono calate le sonde geotermiche, composte da 2 o 4 tubi con conformazione a U che scendono e risalgono in unico circuito. Se la sonda è unica i tubi partono e arrivano direttamente alla pompa di calore; se le sonde sono più di una, esse confluiscono in superficie in un collettore, collegato poi alla pompa di calore.



Riscaldamento di un'abitazione familiare con una sonda geotermica accoppiata ad una pompa di calore

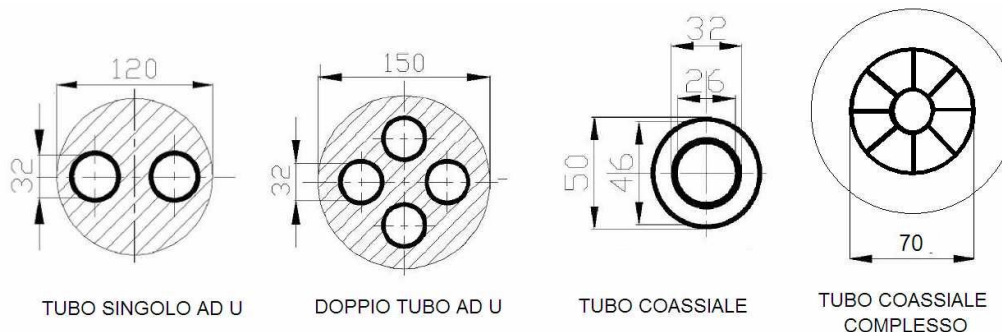


Fig.2.2.3-2.2.4 e 2.2.5: Sistema a sonde verticali, dettaglio di una sonda verticale e sua sezione a tipologia a U o coassiale.

Il foro viene poi riempito e sigillato con cementi bentonitici, che hanno la peculiarità di saturare gli spazi e creare la miglior conducibilità tra il fluido delle sonde e il terreno circostante e impediscono la comunicazione tra eventuali falde acquifere attraversate dalla perforazione. Il cemento deve possedere una elasticità adeguata e una conducibilità termica prossima a quella del terreno. Per aumentare la conducibilità termica esso può essere arricchito con sabbia silicea, grafite, scarti di metalli e *fly ashes*. Ogni tipo di sonda geotermica è di fatto uno scambiatore termico ad anello chiuso in cui il fluido termovettore (acqua glicolata) scorrendo si riscalda. In funzione della potenza della pompa di calore necessaria all'edificio da climatizzare, si dimensioneranno la lunghezza dello scambiatore geotermico e di conseguenza la lunghezza e il numero delle sonde. Nel caso di un'unica sonda la perforazione può essere eseguita in qualunque punto, limitrofo o anche

sottostante l'edificio stesso; lo stesso vale nel caso di più sonde con una distanza tra le stesse di circa 8 metri (parametro medio utilizzato).

Quando e' disponibile un'ampia zona soleggiata limitrofa all'edificio, può essere opportuno utilizzare un sistema a sonde orizzontali. Qui il collettore geotermico si colloca in orizzontale ad una profondità di circa 1,5-2,5 m, quindi sotto l'eventuale livello di congelamento del terreno. In questo caso una singola sonda viene disposta secondo differenti configurazioni (a tutto campo, a trincea...).

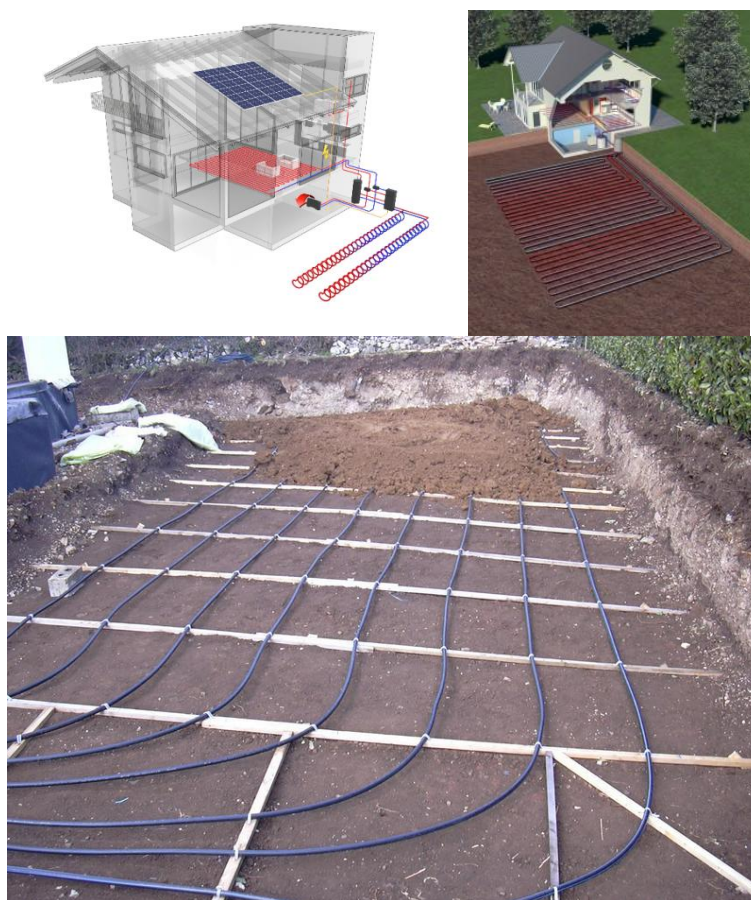


Fig.2.2.6-2.2.7 e 2.2.8: Esempi di sonde orizzontali e dettaglio (www.groundhet.it, www.casainnovativa.com, www.sienergia.eu)

Il principale vantaggio di questo sistema rispetto a quello a sonde verticali è dato dai minori costi di realizzazione. Infatti, le necessarie opere di sbancamento o esecuzione di trincee poco profonde permettono un notevole risparmio rispetto alle perforazioni per la posa di sonde verticali. Le prestazioni geotermiche

ottenute a profondità così limitate sono però condizionate dalle situazioni climatiche esterne e per questo sono meno efficienti delle sonde verticali che invece non risentono di nessun cambiamento stagionale (vedi Fig.2.1.1)

In zone idonee possono essere utilizzati sistemi a circuito chiuso o a circuito aperto direttamente in falda (in pozzi) o in bacini superficiali.

I primi non utilizzano direttamente l'acqua sotterranea o di bacino e quindi facilitano la concessione delle necessarie autorizzazioni amministrative, non presentano problemi di filtraggio e risparmiano l'energia altrimenti necessaria al pompaggio. Il materiale più utilizzato per *loop* di scambiatori impiegati in bacini idrici superficiali è il polietilene ad alta densità con protezione UV garantita da aggiunta di carbonio sulla superficie esterna scura. Lo scambiatore avvolto e la forma a spirale sono le configurazioni più diffuse.



Fig.2.2.9: Esempi di sonde utilizzate in acqua come scambiatori (Galgaro)

Come per ogni sistema a contatto con il “terreno” occorre valutare la sostenibilità ambientale (problemi alla flora e alla fauna) oltre che energetica dell'impianto.

I secondi invece utilizzano uno o più pozzi. L'acqua viene aspirata da un pozzo di estrazione e poi immessa attraverso un pozzo di iniezione. Il fluido termovettore degli impianti a circuito aperto è l'acqua sotterranea di falda o superficiale di laghi e fiumi. In condizioni idonee, fra i sistemi a pompa di calore questi sono i più economici. Tuttavia occorre valutare la chimica delle acque, per evitare problemi di incrostazioni, i problemi dati dalle colonie di batteri nel pozzo di iniezione, problemi di subsidenza, la quantità di acqua a disposizione (come

definita dalla normativa locale) e la qualità dell'acqua scaricata dal pozzo di iniezione (come definiti dalla normativa locale).

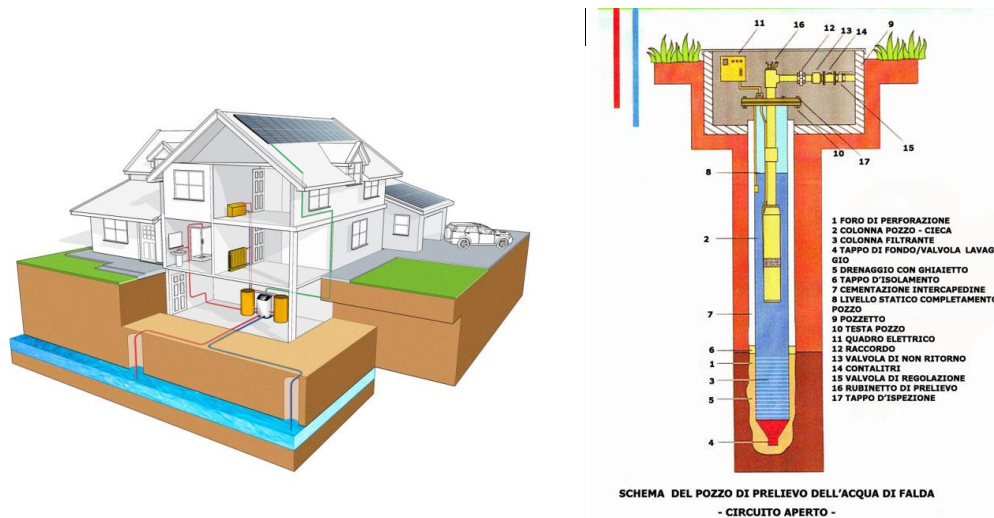


Fig.2.2.10 Sistema con un pozzo di estrazione e uno di iniezione (www.geonovis.com)

Una tecnica innovativa è quella dei pali energetici che prevede la immissione delle sonde geotermiche nella palificazione di fondazione, abbattendo così i costi di perforazione.



Fig.2.2.11: Sonde geotermiche immesse in pali di fondazione (www.luxuryinterior.it)

Altre tecnologie innovative utilizzate sono l'uso delle acque di fognatura e delle acque in galleria. Le prime consistono nell'utilizzo delle acque di reflui industriali o civili a temperature idonee. Questa tecnologia è però attuabile solo con reti

fognarie adeguate allo scopo ed è quindi impiegabile solo per nuove lottizzazioni. Le seconde consistono invece nello sfruttamento di acque (a temperature idonee) intercettate da condotte e gallerie. Nell'area di studio sarebbe molto interessante una campagna di ricerca nelle gallerie Enel che attraversano vari versanti (vedi Allegato 4).

2.3 Normativa di bassa entalpia della Provincia di Trento

Per l'installazione di sonde geotermiche a circuito chiuso ci si rifà alla delibera n°1593 del 2/8/2013 che intende garantire la salvaguardia qualitativa e quantitativa delle acque sotterranee, ai sensi dell'art. 30 bis del D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n. 1-41/leg. e integra e modifica parzialmente la delibera della Giunta provinciale n°2154 del 3/9/2009. Questa delibera aggiorna la "Carta delle limitazioni per l'installazione di sonde geotermiche a circuito chiuso" (entrata in vigore con la delibera n°2154 del 03/09/2009) che prevede il divieto della messa in posto di sonde nelle zone delimitate dalla seguente carta tematica (Fig.2.3.1).

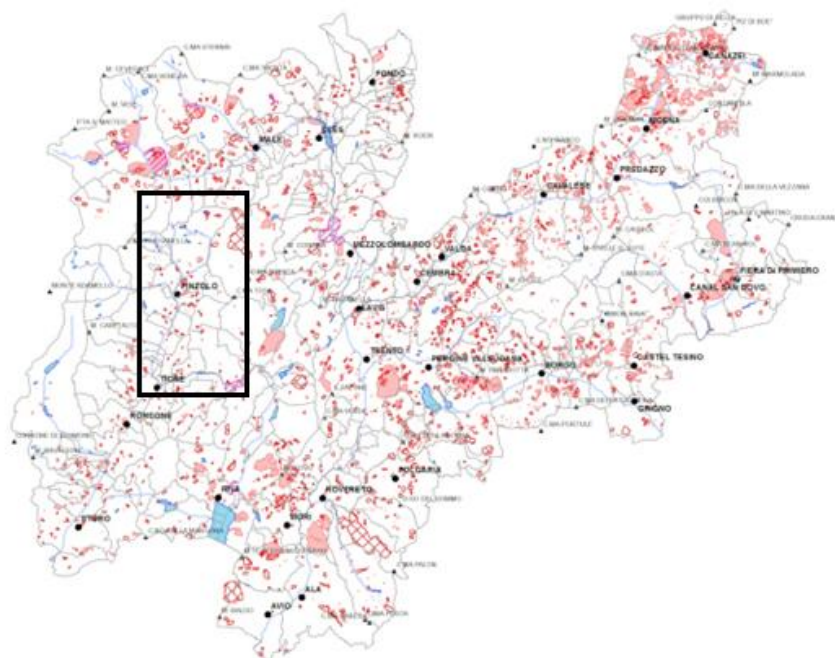


Fig. 2.3.1: "Carta delle limitazioni per l'installazione di sonde geotermiche a circuito chiuso" (PAT 2013). Area di studio riquadrata.

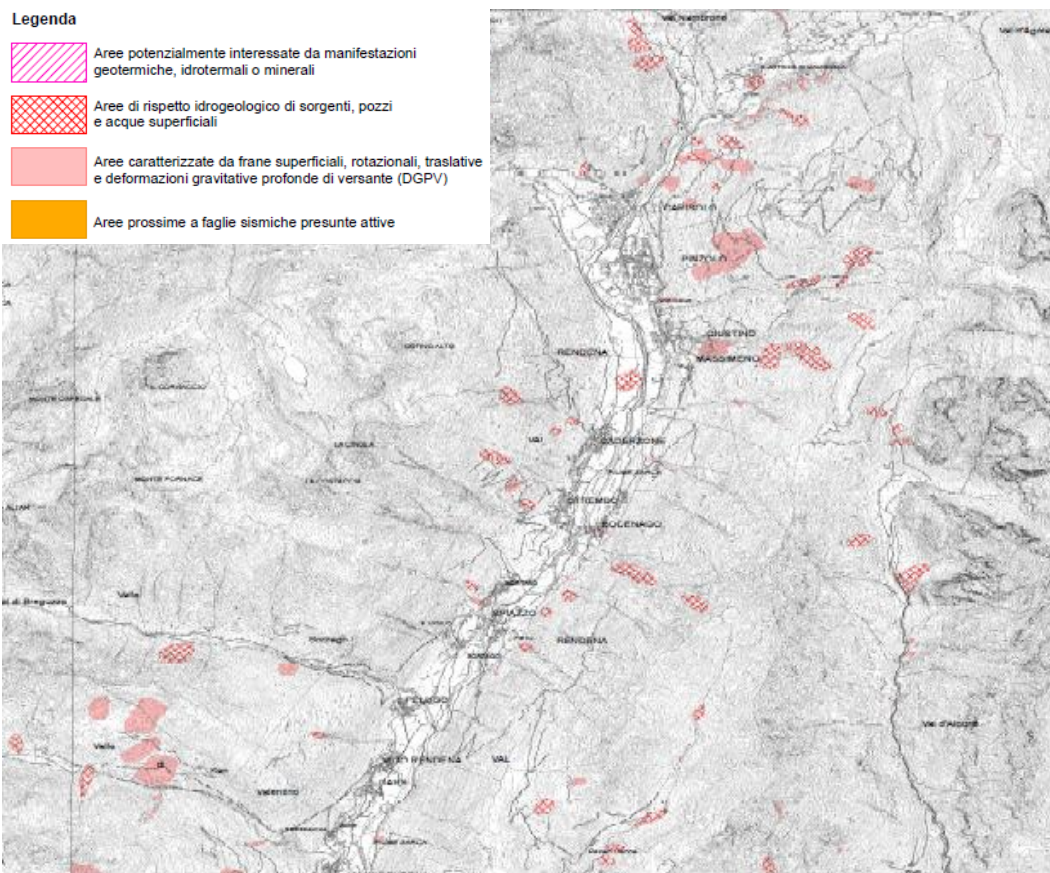


Fig.2.3.2: Stralcio della Val Rendena nella “Carta delle limitazioni per l’installazione di sonde geotermiche a circuito chiuso” (PAT 2013).

L’iter autorizzativo per l’installazione degli impianti è il seguente (vedi schema Allegato 7):

- Controllare che la zona della messa in posto delle sonde non sia in zone di limitazione.
- Inviare una comunicazione preventiva, antecedente all’installazione di sonde geotermiche a circuito chiuso nel territorio provinciale, resa ai sensi dell’art.30 bis, comma 1, del D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n.1/41 (vedi modulo Allegato 5).
- Entro il termine di sessanta giorni dalla data di presentazione della comunicazione, la struttura provinciale competente in materia di geologia può condizionare l’installazione della sonda a prescrizioni tecniche, anche

relative alle modalità di installazione, e richiedere prove e verifiche tecniche oppure vietare l'installazione.

- Trascorsi sessanta giorni dalla data di presentazione della comunicazione, l'interessato può procedere all'installazione della sonda geotermica.
- Inviare comunicazione consuntiva, ad avvenuta installazione di sonde geotermiche a circuito chiuso nel territorio provinciale, ai sensi dell'art. 30 bis, comma 5, del D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n. 1/41 leg. (vedi modulo Allegato 6).

Per i sistemi a circuito aperto l'iter burocratico è molto più complesso. Innanzitutto occorre far richiesta di una concessione per estrarre l'acqua all'agenzia provinciale per le risorse idriche e l'energie (APRIE). Successivamente essa istruisce la pratica chiedendo i pareri di merito all' APPA e al servizio geologico, questo specialmente per i problemi legati al pozzo di remissione (es: inquinamento termico della falda).

Nell'area di studio sono attualmente sono in funzione una decina di impianti geotermici a circuito chiuso. Essi sono composti da un numero di sonde variabile (da 2 a 20) con profondità di immissione che vanno da 85 a 125m. Sono elencati due esempi di impianti, con il luogo, la quantità delle sonde, la potenza massima di estrazione raggiunta e un esempio di una stratigrafia:

- Villa Rendena, 2 sonde verticali, 100m di profondità raggiunta, potenza massima estrazione 10,6 kW.
- Vigo Rendena, 10 sonde, 125m di profondità raggiunta, potenza massima di estrazione 50 kW.

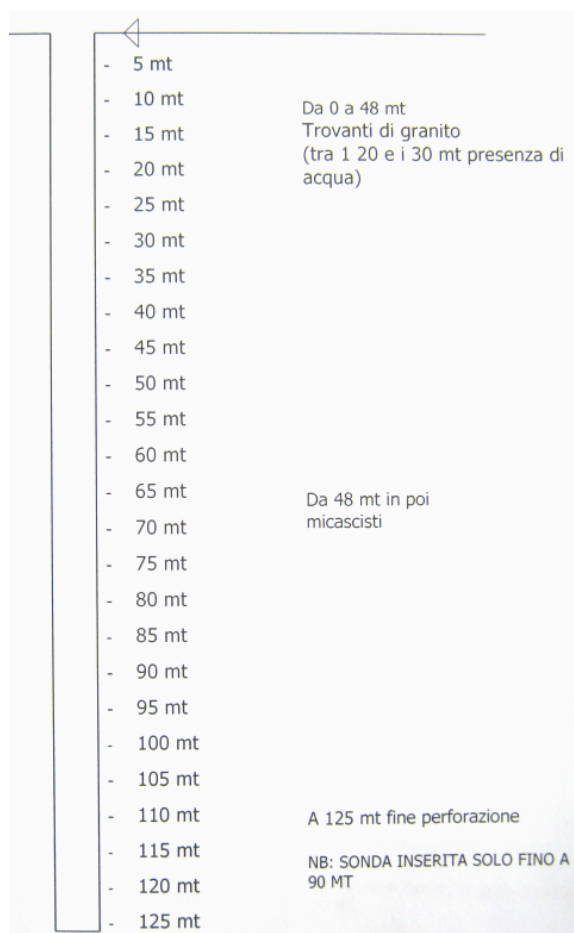


Fig.2.4.1: Esempio di una stratigrafia di un foro di un impianto a Sant'Antonio di Mavignola.

3 Cenni di Termodinamica

3.1 Trasmissione del Calore

Calore e temperatura esprimono aspetti fisici diversi: il primo è una forma di energia che passa da un corpo ad un altro a temperatura differente, mentre la seconda è la grandezza fisica che definisce l'intensità del calore (C°, K) e rappresenta anche l'indice del grado di agitazione termica delle particelle costituenti un corpo. I meccanismi di trasmissione del calore sono la conduzione, la convezione e l'irraggiamento, (quest'ultimo meno rilevante per l'argomento di tesi visto che questo tratta della trasmissione di calore nel sottosuolo).

La conduzione termica rappresenta lo scambio di calore all'interno di corpi solidi, liquidi o gassosi senza apparente movimento di materia. In pratica avviene una cessione di energia cinetica da parte di zone a più alte temperature verso zone a temperatura più basse. La legge fondamentale che regola la conduzione termica è stata definita nel 1822 da Fourier e si esprime come:

$$dQ = -\lambda \cdot A \frac{dT}{dx} \cdot dt$$

dove Q rappresenta il flusso di calore ($Jsec^{-1}$ che equivale a Watt(W)), λ il coefficiente di conduzione termica del materiale ($\frac{W}{m^2 \cdot K} \cdot m$), A la superficie del blocco di materiale della sezione considerata (m^2), T rappresenta la temperatura (C° o K) e x la distanza lineare lungo la quale si ha il decremento della temperatura (m). Il segno meno nella relazione indica che il flusso di calore diminuisce all'aumentare della distanza $\frac{dT}{dx}$ (gradiente di temperatura K/m).

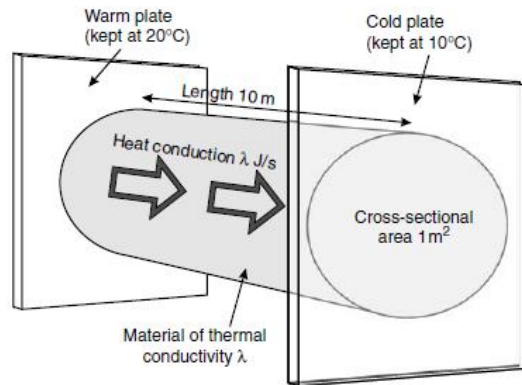


Fig.3.1: Un esempio visivo del principio di Fourier (Banks, 2012).

La convezione rappresenta un trasporto di calore attraverso uno spostamento macroscopico di particelle di fluido, ossia avviene uno scambio termico tra un fluido e una superficie che lo lambisce. Essa quindi dipende dalle leggi dei fluidi e dalla conduzione. La legge che esprime la convezione è stata definita da Newton nel 1701 e si esprime come:

$$q = \alpha_c \cdot A \cdot (T_p - T_f)$$

dove q flusso termico convettivo, α_c è il coefficiente di convezione (diversa da λ perché ci si riferisce a una superficie $\frac{W}{K \cdot m^2}$), A è l'area, T_p la temperatura della superficie e T_f del fluido. Ci sono due tipi di convezione, la convezione naturale o libera e quella forzata. La convezione naturale è causata dalla dipendenza della densità dalla temperatura. Per esempio possiamo considerare i moti convettivi del mantello, quando un fluido (magma) entra in contatto con un corpo la cui temperatura è maggiore di quella del fluido stesso. Aumentando di temperatura per conduzione, il fluido a contatto con l'oggetto si espande, diminuisce di densità e, a causa della spinta di Archimede, sale essendo meno denso del fluido che lo circonda che è più freddo, generando così moti convettivi, in cui il fluido caldo sale verso l'alto e quello freddo scende verso il basso. Nella convezione forzata invece il moto dei fluidi è prodotto da dispositivi meccanici (pompe di calore, vedi Cap.2.2) che creano differenze di pressione.

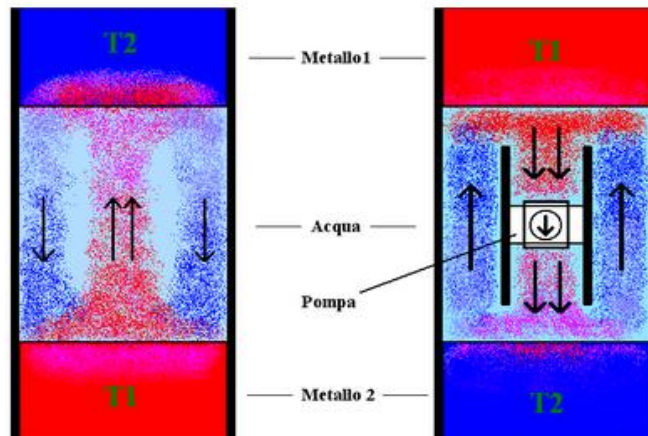


Fig.3.2: Esempio di convezione libera e forzata (pcfarina.eng.unipr.it)

Nell'irraggiamento la trasmissione del calore avviene per propagazione di onde elettromagnetiche. Al contrario della conduzione e convezione l'irraggiamento non ha bisogno di un mezzo per propagarsi e può avvenire anche nel vuoto. Si ha quindi sia una emissione che un assorbimento di radiazione elettromagnetica. Il calore scambiato per irraggiamento si trasmette principalmente dal corpo a temperatura più alta verso quello a temperatura più bassa, ma entrambi i corpi scambiano calore, ma con differenti intensità (il bilancio tra energia scambiata e assorbita da un corpo è regolato dal Principio di Kirchoff). L'emissione e l'assorbimento dipendono dalla frequenza della radiazione, dalla natura del corpo e dalle caratteristiche della sua superficie. La relazione che regola l'irraggiamento con la temperatura è data dalla legge di Stefan-Boltzmann (1789-1884):

$$q = \sigma_n \cdot A \cdot T^4$$

dove q è l'energia irradiata per unità di superficie per unità di tempo (emittanza, $\frac{Watt}{m^2}$), σ_n la costante di Stefan-Boltzmann e T è la temperatura (K). La quantità di calore emessa da un corpo per irraggiamento è infatti proporzionale a T^4 , cioè alla quarta potenza della sua temperatura: perciò a basse temperature l'irraggiamento è responsabile di una frazione trascurabile del flusso di calore rispetto alla conduzione e alla convezione, ma al crescere della temperatura la sua importanza

aumenta rapidamente fino a diventare il principale artefice della trasmissione del calore.

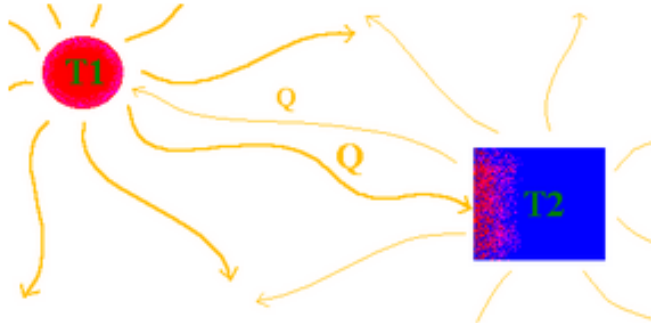


Fig.3.3: Esempio di irraggiamento tra due corpi (pcfarina.eng.unipr.it)

Nel sottosuolo il meccanismo principale di trasferimento di calore è la conduzione, la convezione acquista un ruolo importante in presenza di un significativo moto di falda, mentre l'irraggiamento ricopre il ruolo minore o addirittura trascurabile a parte in suoli secchi molto porosi ad elevate temperature.

3.2 Proprietà termiche dei materiali naturali

In precedenza sono stati descritti i metodi di trasferimento di calore, ora ci concentreremo sui parametri termici identificativi di un materiale, quali la conducibilità termica, il calore specifico, la diffusività termica e la capacità termica.

La conducibilità termica ($\lambda, \frac{Watt}{mK}$) misura l'attitudine di un materiale di trasmettere il calore ed è definita come la quantità di calore che fluisce in un'unità di tempo attraverso un'area unitaria di un determinato materiale a causa della formazione di un gradiente unitario:

Il calore specifico o capacità termica di massa ($C_s, \frac{J}{Kg \cdot K}$) di un materiale è definito come la quantità di calore necessario per innalzare di un K o °C la temperatura di una unità di massa di un corpo:

$$C_s = \frac{Q}{\Delta T \cdot m}$$

La capacità termica ($C, \frac{J}{K}$) di un corpo è definita come il rapporto fra il calore scambiato tra il corpo e l'ambiente e la variazione che ne consegue:

$$C = \frac{Q}{\Delta T}$$

A differenza del calore specifico, che dipende solo dalla natura del materiale, la capacità termica di un corpo dipende sia dalla natura del materiale, sia dalla sua massa.

La diffusività termica ($D, \frac{m^2}{s}$), invece, è definita come il rapporto tra la conducibilità termica e il prodotto tra la densità (ρ) e il calore specifico del corpo oggetto di studio:

$$D = \frac{\lambda}{\rho C_s}$$

Essa misura la velocità di diffusione del calore in un materiale.

3.2.1 Influenze termiche nel suolo

Gli elementi principali che influenzano il comportamento termico del sottosuolo sono la mineralogia, la densità e il grado di saturazione. La prima, perché a seconda della natura dei minerali presenti cambiano le proprietà termiche. Inoltre, in presenza di scistosità o più semplicemente di qualsiasi anisotropia queste proprietà saranno favorite in una direzione e sfavorite in un'altra. La seconda, perché all'aumentare della densità diminuiscono i vuoti e di conseguenza aumenta la compattazione del terreno e si migliorano i contatti tra i grani. In generale, infatti, a parità di grado di saturazione, un terreno a grana fine ha una conducibilità termica maggiore rispetto ad uno a grana grossa e un sedimento più giovane ha una conducibilità minore di uno più antico. Il diverso grado di saturazione fa variare di molto il valore di conducibilità termica di un terreno/roccia, basti pensare che il valore di conducibilità per l'acqua è $0,63 \frac{Watt}{mK}$ e per l'aria è $0,026 \frac{Watt}{mK}$.

La conducibilità termica di una roccia o di un materiale sciolto è il valore critico in grado di determinare la lunghezza della tubazione richiesta per l'inserimento

nel sottosuolo di uno scambiatore di calore. Una corretta valutazione di tale parametro è essenziale per ottimizzare il costo di un impianto geotermico.

Per la misurazione della conducibilità termica del suolo si possono utilizzare vari metodi, ad esempio il test di risposta termica (*Ground Response Test*), l'uso di modelli matematici a partire dalla mineralogia delle rocce, metodi *steady state* (a regime stazionario), come l'ASTM C177 e l'ASTM C518) e metodi a regime variabile (*transient*) come l'ISOMET 2114 (vedi Cap.5.1.1)

4 Inquadramento geologico

L'area oggetto di studio è contraddistinta da una morfologia montuosa con dorsali separate da profonde incisioni. La Val Rendena ha un andamento NNE-SSO, essendosi imposta sul sistema di faglie delle Giudicarie Sud e del Sabion. La Linea delle Giudicarie Sud divide due ambienti completamente diversi geologicamente e geomorfologicamente. A Ovest affiora il Batolite dell'Adamello, il basamento metamorfico, alcuni corpi intrusivi permiani e limitate scaglie della originaria copertura permo-triassica.

A Est, invece, affiorano le coperture Mesozoiche delle Dolomiti di Brenta e il Flysch Insubrico.

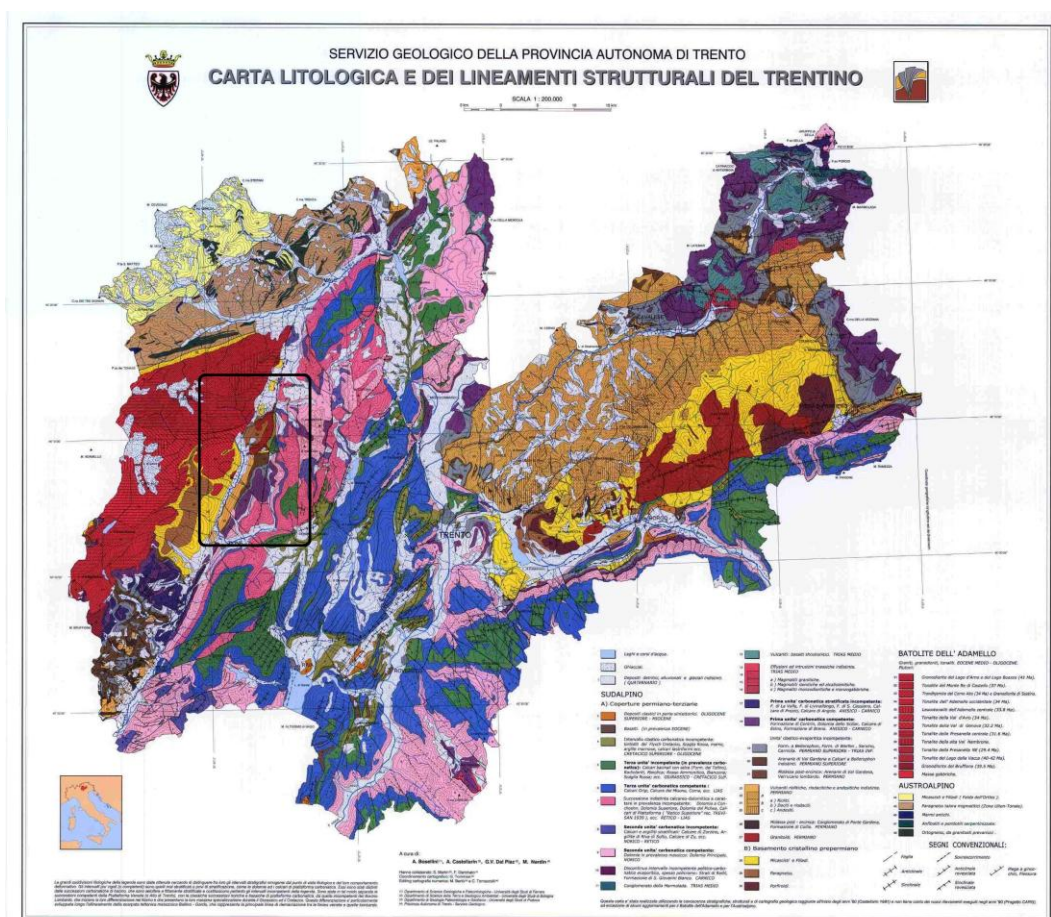


Fig.4.1: Inquadramento geologico del Trentino (PAT) con l'area di studio riquadrata in nero.



Fig.4.2: Parte Nord del Foglio 059 Tione di Trento e parte Sud del Foglio 042 Malè (PAT).

4.1 Inquadramento Geostrutturale

Dal punto di vista strutturale, di storia deformativa e a livello di attivazione e riattivazione dei lineamenti l'area di studio è piuttosto complicata.

Il basamento metamorfico Sudalpino (Scisti di Rendena, SRE) mostra almeno quattro fasi deformative duttili, due sin-metamorfiche di età prealpina e due più recenti che interessano le coperture mesozoiche (Castellarin et al, 1995). In Val Rendena la scistosità regionale pre-alpina è evidenziata dalla cristallizzazione di minerali come la staurolite, la biotite e la mica bianca, interpretabile macroscopicamente come una S2 vista la presenza di pieghe isoclinali attribuite a una fase D2 (Zattin et al, 1995) e per la presenza di una foliazione interna ai granati (S1). Successivamente la scistosità è stata caratterizzata da una fase D3 responsabile di pieghe *kinking* o pieghe aperte.

Le deformazioni duttili alpine hanno provocato nel basamento lo sviluppo di pieghe, strutture di stiramento (*stretching*), *boudinage* e strutture S-C (Giorio, 1995). In alcune zone come in Val Seniciaga e Garmenega l'intrusione del plutone del Corno Alto e di apofisi granitiche creano ampi fenomeni di fratturazione e smembramento del basamento incassante (vedi Cap.4.2.22.2).

Durante il Permiano inferiore sono avvenuti importanti fenomeni di effusione magmatica (Lave Basaltiche di Bocenago (LPB) e Ignimbriti di Malga Plan (IMP)). Queste vulcaniti si sono depositate nella zona del bacino di Tione. Successivamente si sono formate strutture distensive connesse al *rifting* continentale norico-liassico (Bertotti et al 1993).

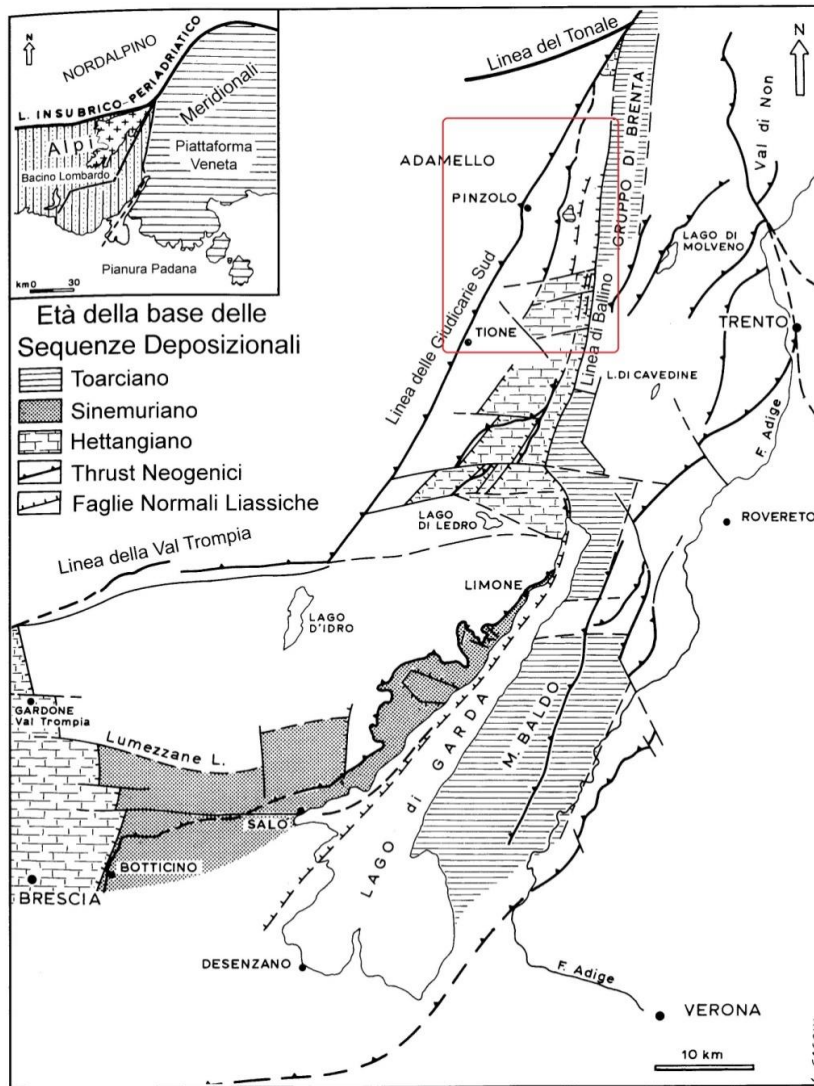


Fig.2.4.1: Schema del *rifting* norico-liassico e sua inversione strutturale neogenica (Castellarin & Picotti, 1990 mod.)

Nel settore centro-orientale del Foglio 059 Tione di Trento sono presenti faglie sin-sedimentarie norico-retiche (per es. Linea di Molveno). Sulla prosecuzione verso N del sistema Ballino-Garda si trovano dei sistemi di faglie ad alto angolo del Giurassico e Cretacico.

Con la fine del Cretacico inferiore inizia una fase di *drifting* continentale (riduzione della produzione dei sedimenti con approfondimento generato dalle batimetrie) e successivamente una fase di convergenza pre e sin-collisione. Con la

convergenza dei margini continentali si ha quindi la nascita della catena eo-alpina (Eocene inf. e medio). Nell'area, un esempio delle strutture compressive è rappresentato dalla sovrapposizione del plutone permiano del Dos del Sabion sulla successione di Val D'Agola (VAG) (flysch insubrico, di età cretacico-eocenica), in prossimità della faglia della Pala dei Mughi. Questa faglia separa il sistema di avanfossa (cretacico-eocenica) dalla Piattaforma di Trento dove affiorano le Scaglia Rossa (SAA) e i Calcari Grigi (Castellarin et al 2005). A questa fase di compressione segue una fase estensiva nel Cretacico superiore. La fase di compressione alpina venne seguita da una fase estensionale testimoniata dalla presenza di filoni sedimentari nel Gruppo dei Calcari Grigi (Castellarin, 1982a).

L'evoluzione compressionale nell'area descritta dal Foglio 059 Tione di Trento è da riferire agli eventi post-collisionali nealpini con riattivazioni generalizzate dei sistemi estensionali precedentemente descritti. Durante l'inversione strutturale polifasica nealpina l'evento deformativo maggiore nel settore orientale e centrale del Foglio è legato al sistema valsuganense (Serravalliano-Tortoniano) con direzione ENE-OSO e asse di compressione NE-SO. Riveste importanza anche il sistema Schio-Vicenza (Messaniano-Pliocene) con direzione NE-SO e assi di compressione NO-SE. Il settore occidentale (ovvero l'area di studio) è dominato dal Sistema delle Giudicarie, formato da faglie transpressive sinistre. Questo sistema comprende due linee principali, la Linea delle Giudicarie Sud e la Linea del Sabion.

Il lineamento delle Giudicarie Sud è la principale struttura tettonica della zona. Essa separa il Batolite dell'Adamello con le metamorfite incassanti dalle coperture Permo-Triassiche del Brenta. La struttura formatasi si presenta come una anticlinale di rampa laterale, caratterizzata da una chilometrica piega a ginocchio che solleva il basamento a Ovest e si propaga nelle coperture sedimentarie a Est. Questo lineamento ha un andamento NNE-SSO transpressivo. Esso è ricoperto dalle coperture quaternarie del fondovalle e affiora solamente nell'abitato di Verdesina dove mette a contatto il basamento metamorfico (SRE) con le vulcaniti permiane (LPB). In base a studi precedenti (Picotti et al 1995) lo spostamento

massimo lungo la Linea è di 12 km e diminuisce da S verso N. Tale diminuzione si nota osservando la presenza delle Granodioriti del Doss del Sabion (GMS) presso l'abitato di Strembo, a destra del lineamento, ad una distanza di 4 km rispetto al corpo principale dell'intrusione che forma il Doss del Sabion, sulla sinistra. Il lineamento rappresenta l'inversione strutturale compressiva neogenica, realizzata per inversione delle associazioni strutturali antecedenti.

La Linea del Sabion è una faglia transpressiva sinistra orientata circa N 15°E con inclinazione di circa 65° verso O (Castellarin et al 2005). Questa linea si stacca per *strain partitioning* in Val di Sole e mette in contatto il plutone del Doss del Sabion, intruso nel basamento Sudalpino, con la Formazione di Val d'Agola (VAG) (vedi Cap.4.2.21).

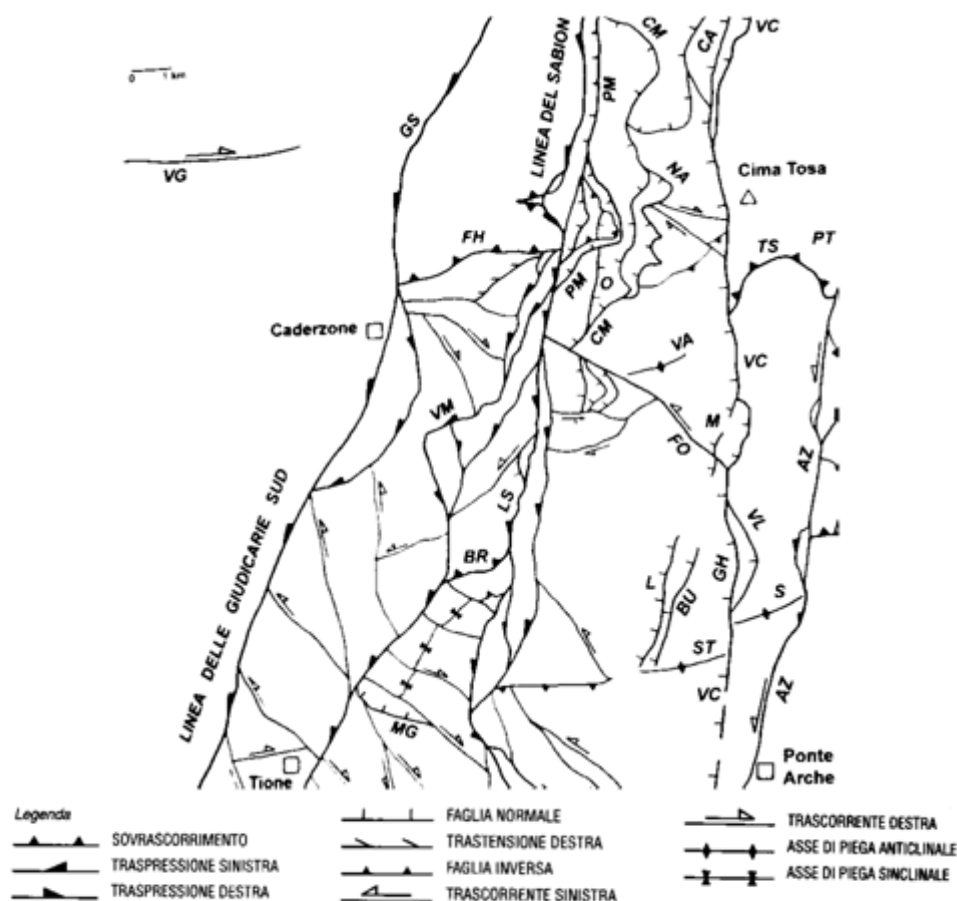


Fig.2.4.2: Inquadramento nel dettaglio delle strutture tettoniche presenti nell'area (Castellarin et al 2005).

Per quanto riguarda i plutoni del batolite dell'Adamello, essi mostrano evidenze di deformazione duttile e fragile. La prima è testimoniata dallo sviluppo di una foliazione tettonica in Val Genova, caratterizzata da un andamento NE-SW, subverticale, che tende a ruotare e a portarsi subparallelo alla Linea delle Giudicare Sud. La presenza di bande cataclastico-milonitiche che tagliano la filiazione tettonica testimonia una fase fragile successiva alla deformazione duttile. Queste deformazioni fragili duttili e fragili sono avvenute post-raffreddamento a seguito dei movimenti lungo i grandi lineamenti tettonici dell'area (Linea delle Giudicarie Sud, faglia di Val Genova, faglia del Sabion).

4.2 Caratteristiche litologiche dell'area di studio

Vengono riportate in seguito, in ordine di età, le litologie presenti nell'area dedotte in base alle Note Illustrative del Foglio 059 Tione di Trento.

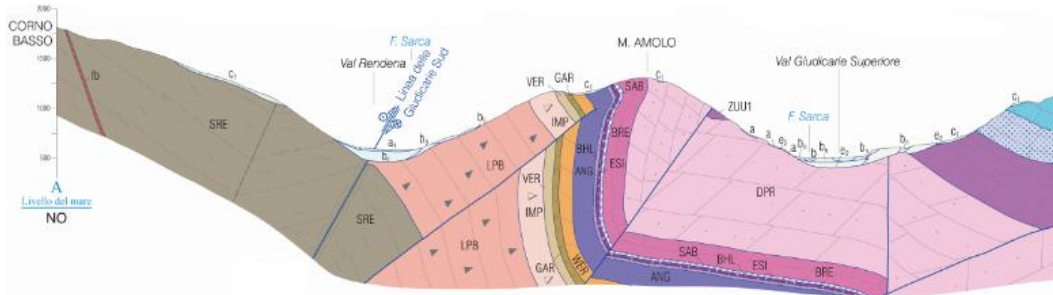


Fig.4.2.1: Parte della sezione A-A¹ del Foglio 059 Tione di Trento

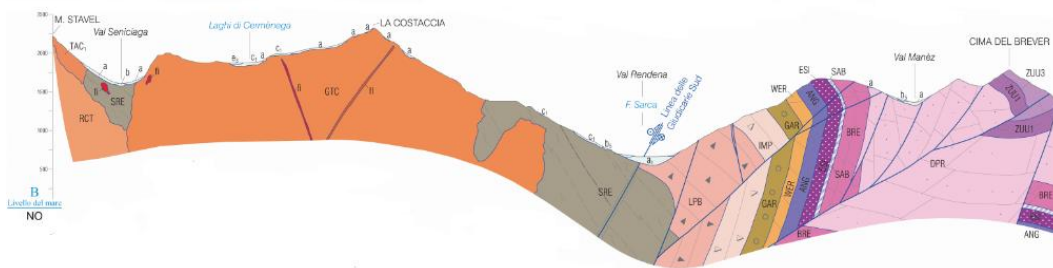


Fig.4.2.2:Parte della sezione B-B¹ del Foglio 059 Tione di Trento

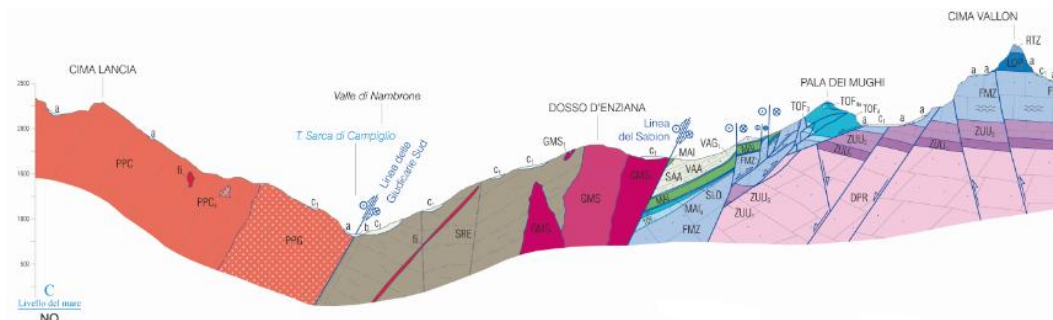


Fig.4.2.3:Parte della sezione C-C¹ del Foglio 059 Tione di Trento

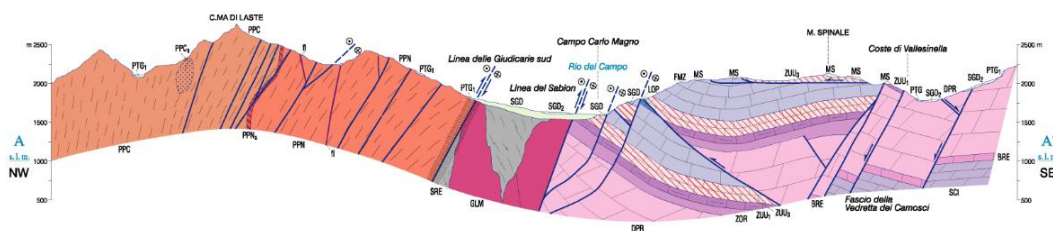


Fig.4.2.4:Parte della sezione A-A¹ del Foglio 042 Malè

4.2.1 Basamento Metamorfo Sudalpino

Il Basamento metamorfo Sudalpino è costituito da micascisti, paragneiss nodulari e filladi sericitico-cloritiche con intercalazioni di ortogneiss acidi i cui protoliti hanno fornito età di raffreddamento di 439-470 Ma (Boriani e Giobbi-Origoni, 1982). Queste metamorfite costituiscono le rocce incassanti delle intrusioni del Permiano inf. (Granodioriti del Doss del Sabion) e del Batolite eocenico-oligocenico dell'Adamello.

Scisti Rendena (SRE) (Pre Permiano)

Affiorano diffusamente nella destra orografica della Val Rendena e nella sinistra limitatamente nell'area di Pinzolo, Carisolo. Si tratta di micascisti e minori paragneiss grigi localmente quarzitici, a due miche, granato e staurolite. Talora si possono osservare delle zone arricchite di albite fino a far assumere alla roccia un aspetto microcellare. Queste rocce presentano una scistosità penetrativa sia a scala macroscopica che microscopica. In Val di Borzago si osservano rocce paragneissiche caratteristica di una sovraimpronta metamorfo di contatto. Il minerale di contatto più diffuso è la biotite anche se si può notare talvolta dell'andalusite macroscopicamente e sillimanite microscopicamente. Talvolta la roccia assume una forme massiva fino a perdere la scistosità, questo dove i micascisti si trasformano in scisti cornubianitici ricchi di biotite. Per il lavoro di tesi sono stati prelevati due campioni (5 e 24, vedi Allegato3), dove per il 5 sono state eseguite 2 sezioni sottili (Cap.7).

Metabasiti anfibolitiche (SRE_a) (Pre Permiano)

Queste rare metabasiti affiorano in alta Val Rendena. Si tratta di intercalazioni grigio-verdi a grana piuttosto fine, concordanti con la scistosità, costituite da anfibolo verde, plagioclasio, clorite, epidoto, con titanite e ilmenite come minerali accessori. L'assetto filoniano, la composizione e la grana fanno supporre che si tratti di antichi diabasi metamorfosati durante il ciclo orogenico pre-alpino.

4.2.2 Intrusioni Permiane

Granodiorite del Doss del Sabion

Essa costituisce circa i due terzi del corpo magmatico del Doss del Sabion e affiora anche nella zona dell'abitato di Strembo. Si tratta di una roccia a grana media con composizione uniforme in cui si osservano in ordine di abbondanza: quarzo, plagioclasio, feldspato potassico, biotite, clorite, scarsa mica bianca e anfibolo come accessorio. Nelle porzioni più alterate si osserva la presenza di clorite e carbonato. La roccia è spesso fratturata, probabilmente a causa della vicinanza con la Linea del Sabion. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (7) (vedi Allegato 3)

Leucogranodiorite del Doss del Sabiona (GMS₁) Permiano)

La Granodiorite del Doss del Sabion presenta talvolta delle zone caratterizzate da varietà leucocratiche. Queste zone presentano una tessitura medio-fine e sono costituite da quarzo, plagioclasio, feldspato potassico, mica chiara, minore biotite e rara clorite. Si possono trovare talvolta delle zone molto ricche in albite (per es. albititi della cava di Giustino (GMS_{1a})).

4.2.3 Gruppo di Tione (Permiano inf.-?sup)

È composto da una successione prevalentemente vulcanica con al suo interno dei depositi terrigeni. Sia a letto che a tetto l'unità è separata da limiti inconformi che originano significative superfici di discontinuità. Questo Gruppo è composto da due unità, Le Lave di Bocenago (LPB) e le Ignimbriti di Malga Plan (IMP).

Lave di Bocenago (LPB) (Permiano inf.-?sup)

Affiorano dall'abitato di Massimeno in sinistra orografica fino a quello di Verdesina dove si possono trovare limitatamente anche in destra. Si tratta di lave rosse-violacee, verdastre e massicce. Esse hanno una prevalente composizione rioidacitica e possono derivare da duomi esogeni o da colate. Presentano una struttura porfirica con fenoscristalli di plagioclasio, biotite, pirosseno cloritizzato e quarzo riassorbito nella pasta di fondo. Sono presenti due depositi clastici, uno al letto (LPB_a) e il secondo tra il tetto (LPB_b) della stessa unità e le Ignimbriti di

Malga Plan. Questi depositi sono costituiti da arenarie e siltiti stratificate, talora laminate, da conglomerati disorganizzati con clasti di quarziti e vulcaniti ben arrotondati in matrice arenacea. Questa unità presenta una potenza che va dai 0 ai 1500 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (8) lungo (vedi Allegato3).

Ignimbriti di Malga Plan

Ignimbriti riodacitiche e piroclastiti massicce, con strutture di flusso a “fiamma”. La matrice rosso violacea e verde contiene fenocristalli di plagioclasio, quarzo, biotite e scarso pirosseno, rari i frammenti litici. Si differenziano dalle lave per la presenza di frammenti di roccia e un grado porfirico molto variabile. Limite inf. netto inconforme su LPB e discordante su SRE, mentre al tetto sono ricoperte, in discordanza, dalle successioni del Permiano superiore. Spessore 0-350 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (9) (vedi Allegato3) e sono state eseguite due sezioni sottili (Cap.7)

4.2.4 Verrucano Lombardo (VER) (Permiano sup.)

L'unità si presenta con una tipica facies di conglomerati grigi verdastrati da grossolani a fini, a matrice arenitica, con clasti di quarziti e lave permiane in strati spessi passanti ad areniti e siltiti con peliti nere. Alzandosi di quota si ha un passaggio graduale da facies conglomeratiche ad arenarie grossolane. Limite inferiore inconforme con IMP e spessore da 0-100 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (10) (vedi Allegato3).

4.2.5 Arenarie di Val Gardena (GAR) (Permiano sup.)

Questa formazione è composta da arenarie rosse e biancastre intercalate a siltiti micacee color rosso mattone. Questi strati presentano uno spessore da metrico a decimetrico, talvolta caratterizzati da una laminazione piano parallela. La formazione presenta una potenza che può arrivare fino a 200 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (11) (vedi Allegato3).

4.2.6 Formazione di Werfen (Wer) (Triassico inf.)

L'unità risulta confrontabile con le successioni classiche delle Dolomiti ma visto il suo esiguo spessore e la scarsità degli affioramenti nel Foglio Tione 059 è stato cartografato come unità unica e non diviso nei classici membri. Si riscontrano principalmente tre livelli, uno basale composto da un orizzonte di dolomie grigio-chiare laminate, con ooliti e talvolta vacuolari (Calcare di Praso). Al di sopra troviamo calcari micritici grigio-chiari, in strati di 50 cm, con intercalazioni di calcari siltosi e calcareniti e calcisiltiti. Verso l'alto si trovano strati di calcari oolitici con ooliti rosse, intercalati con calcari siltosi gialli laminati e micriti bioturbate grigie (Membri di Siusi e Oolite a Gasteropodi). A tetto si trovano siltiti laminate violacee o grigie (Membro di Campil), sopra alle quali seguono livelli di calcari siltosi grigio verdi, intercalate a siltiti rosse (Membro Val Badia, Cencenighe e San Lugano delle Dolomiti). L'unità presenta un limite netto concordante su GAR e presenta uno spessore fino a 130 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (12) (vedi Allegato 3).

4.2.7 Dolomia del Serla inferiore (SLI) (Triassico inf. ?- Anisico inf.)

Questa unità non è stata riscontrata nell'area. Dalla formazione di Werfen si passa subito al Calcare di Angolo. Secondo le Castellarin et al (2005) questa unità affiora solamente in loc. Provaiolo nel margine Sud del Foglio.

4.2.7 Calcare di Angolo (ANG) (Pelsonico)

Può essere suddiviso in due livelli principali. Una porzione inferiore costituita da strati metrici di calcari dolomitici grigio-chiari alla base, mentre al tetto di questo livello inferiore si trovano strati caratterizzati da breccie e intralciasti nella parte basale e da *fenestras* e da laminazioni stromatolitiche di ambiente peritidale nella parte sommitale. Nel livello superiore questa unità inizia con un'alternanza di micriti nere e chiare, bioturbate per poi passare verso l'alto a micriti e dolomicriti da grigio-scure a nere in strati da centimetrici a decimetrici fossiliferi

(Brachiopodi e Molluschi). Talora si osservano dolomie grigio-chiare, in strati metrici, contenenti intraclasti neri. Esso presenta uno spessore da 0-170 m. Per il lavoro di tesi sono stati prelevati due campioni (1-2) (vedi Allegato 3).

4.2.8 Conglomerato di Richtofen (RIC) (Anisico sup.)

Nell'area non è stata riscontrata questa unità. Secondo il Castellarin et al (2005) affiora solamente in Val Perse.

4.2.9 Calcare di Prezzo (PRZ) (Illirico)

Questa formazione si presenta sottoforma di calcari micritici scuri fino a neri fittamente stratificati, passanti a calcari nodulari ad ammoniti e radiolari, con intervalli di calcari siltosi e calcisiltiti giallo-ocracee. Possono contenere anche sottili intercalazioni di marne scure fino a nere. La porzione sommitale della formazione è costituita da strati di dolomicriti grigie con giunti ondulati.

La formazione presenta una potenza da 0 a 80 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (4) (vedi Allegato3).

4.2.10 Formazione di Buchestein-Livanallongo (BHL) (Illirico - Ladinico inf.)

Nell' area non è stata riscontrata questa unità. Secondo Castellarin et al (2005) si dovrebbe trovare un orizzonte discontinuo con una potenza non superiore ai 20 metri tra il Calcare di Prezzo e il Calcare di Esino. Questo orizzonte sarebbe costituito da strati di micriti grigio-chiare contenenti abbondanti noduli irregolari di selce nera, con sottili interstrati di probabili vulcaniti argillificate verdastre.

4.2.11 Formazione di Contrin (CTR) (Illirico – Ladinico inf.) e Dolomia dello Sciliar (SLI) (Ladinico inf.)

Queste unità si trovano secondo il Castellarin et al (2005) nel limite Nord orientale dell'area di studio in scarsi affioramenti (Val di Brenta Alta) o al di

fuori(Val Perse) e a quote elevate. Per questo motivo non ho raccolto campioni di queste unità vista la finalità del lavoro.

4.2.12 Calcare di Esino (ESI) (Illirico – Ladinico inferiore)

Questa Formazione è costituita da dolomie massicce a banchi superiori al metro con breccie nella parte basale. Nella zona di Cima Durmont la successione è costituita da dolomie grigio chiare-chiare. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (3) (vedi Allegato 3).

4.2.13 Arenaria di Val Sabbia (SAB) (Ladinico Sup. – Carnico)

Non sono stati riscontrati affioramenti nell'area di studio, solo dei blocchi (argilliti rosse) seguendo il sentiero che porta a Cima Durmont.

4.2.14 Formazione di Breno (Ladinico Sup. – Carnico)

La successione dell'unità presenta un contatto netto, discordante con il Calcare di Esino. Nella parte inferiore sono presenti calcari grigio scuri sottilmente stratificati, seguiti da dolomie e calcari dolomitici grigio-chiari peritidali con tipiche strutture stromatolitiche ben rappresentate. La parte superiore dell'unità è costituita da calcari dolomitici e dolomie (dolomicriti) sempre più fenestrate verso l'alto. Nella zona di Val Brenta Alta al di sotto della Dolomia Principale viene cartografato da Castellarin et al (2005) il Membro di Campolungo (BRE₂) caratterizzato da calcari dolomitici petroselciosi lastriformi grigio scuri passanti a dolomicriti. La formazione ha uno spessore fino a 350m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (13) (vedi Allegato 3).

4.2.15 Dolomia Principale (Norico – Retico) (DPR)

Si presenta con una classica successione di dolomie grigio chiare vacuolari in strati di 30-50 cm e banchi superiori al metro, talora massicce. La parte inferiore si presenta ben stratificata (500-700), costituita da una successione di cicli peritidali metrici. All'interno di tali cicli si distingue una porzione basale subtidale, ben

stratificata con cicli di tipo loferitico, caratterizzati alla base da dolomie prive di struttura. A quest'ultima si sovrappone un intervallo laminato, con tappeti algali e *fenestras* e strati di tempesta a bioclasti. Al termine di ogni ciclo i livelli sono interessati da processi di disseccamento (*mud crack*) formando intraclasti. La porzione superiore è rappresentata da banchi subtidali di dolomie massicce metriche, con possibile presenza di livelli argillitici verdi interpretati come depositi dovuti ad episodi di emersione. Nella parte sommitale è costituita da strati di 30-80 cm di *bindstone* stromatolici a laminazione fitta di ambiente subtidale. Essa può avere uno spessore fino a 1200-1500 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (14) (vedi Allegato 3) e sono state eseguite due sezioni sottili (Cap.7)

4.2.16 Calcarea di Zorzino (ZOR) (Norico)

Nell'area affiora limitatamente nella parte Nord-Est (Val Brenta Bassa) ad alta quota. Per questo motivo non è stato raccolto un campione per questa litologia. L'unità è costituita da una monotona successione di calcari micritici ricristallizzati e di dolomicriti nere in strati di spessore variabile da 1-2 a 40-50cm.

4.2.17 Calcarea di Zu (Norico – Retico)

Composto da due membri, il membro del Grostè (ZUU₁) di rampa carbonatica e il Membro di Tremalzo (ZUU₃) di ambiente peritidale generalmente superiore.

Membro del Grostè (ZUU₁) (Norico – Retico)

Questa unità è costituita dalla sovrapposizione di sequenza *thickening* e *coarsening upward* direttamente sovrapposte in paraconcordanza sulla sommità della Dolomia Principale. I cicli sono formati alla base da alternanze di calcari micritici, marne ed argilliti nere in strati di spessore decimetrico ai quali seguono, verso l'alto, prevalenti tempestiti carbonatiche con gasteropodi, bivalvi ed altri bioclasti. La sommità è composta da biomicriti grigie con coralli (*Thecosmilia*). Questo membro presenta un limite inferiore netto concordante con DPR e spessori

molto variabili che possono raggiungere i 600 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (15) (vedi Allegato 3).

Membro di Tremalzo (ZUU₃) (Retico)

Questa unità è formata da calcari e calcari dolomitici ben stratificati, riferibili ad un ambiente di piattaforma carbonatica tidale. La successione è scomponibile in cicli di tipo *shallowing-upward* di spessore metrico nei quali si passa da micriti subtidali bioturbate a depositi inter e sopratidali caratterizzati da *bird-eyes*, piccoli *tepee* e laminazioni stromatolitiche. Questo membro presenta uno spessore variabile che può raggiungere i 250 m di spessore. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (16) (vedi Allegato 3)

4.2.18 Gruppo dei Calcari Grigi

Questo Gruppo risulta ben rappresentato nel settore orientale del Foglio 059 Tione di Trento (Val Ambiez), nel Foglio 080 Riva e nel Foglio 042 Malè. Nell'area di studio affiorano limitatamente in Valesinella e a Est dell'abitato di Campiglio con la Formazione di Monte Zugna (FMZ), il Calcare Oolitico di Loppio (LOP) e la Formazione di Rotzo (RTZ).

Formazione di Monte Zugna (FMZ) (Retico – Sinemuriano) e Membro di Stenico

Rappresentata da due facies distinte, quella con calcari micritici (unità subtidale) e quella con calcari stromatolitici (unità peritidale). La prima è caratterizzata da sequenze cicliche submetriche e metriche con calcari micritici bruni ben stratificati alternati a sottili livelli argillosi. L'unità peritidale è rappresentata da una spessa successione ciclica costituita da calcari dolomitici, *bindstones* caratterizzati da fittissima laminazione e *fenestrae* con riempimenti vulcanici chimici e calcari micritici con abbondanti resti fossili. Nel Gruppo del Brenta le associazioni subtidali sono del tutto prevalenti. Presenta un limite inferiore netto con ZUU₃ e una potenza che può raggiungere i 650 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (17) (Vedi Allegato3). Nel Foglio 059 Tione di Trento si può identificare un membro di questa Formazione, il Membro di Stenico. Esso si

presenta come un calcare micritico grigio e ocra a spicole e a spugne, mal stratificato. Questo membro può raggiungere una potenza di 250 m.

Calcare Oolitico di Loppio (Sinemuriano) (LOP)

È costituito da una continua sequenza di calcari oolitici grossolani in prevalenza come *grainstone* a colorazione grigio-chiara con granuli per lo più di ooidi con a volte intraclasti e bioclasti. In Val Gelada di Campiglio la base è caratterizzata da un livello di circa 10 m di breccie e clasti decimetrici. (Dal Piazz et al 2007). Il limite superiore con la Formazione di Rotzo è posto alla scomparsa delle ooliti ed alla comparsa di calcari micritici grigio verdi. La formazione si presenta mal stratificata o in bancate metriche, presenta un limite concordante netto con FMZ e può raggiungere una potenza di 200 m.

Formazione di Rotzo (RTZ) (Sinemuriano - Pliensbachiano) e Membro di Tovel (RTZ₁)

La Formazione risulta organizzata in sequenze di tipo trasgressivo (*thickening up*), di spessore variabile (da sub-metriche a metriche), generatesi in ambiente subtidale. L'unità è caratterizzata da un'alternanza di lamine micritiche e marne scure con calcari micritici in strati via via più spessi. Solitamente alla sommità presenta grossi strati e bancate metriche ricche di bivalvi (*lithiotis*). Presenta un limite netto concordante su LOP ed eteropico su RTZ₁ e può raggiungere un spessore di 250 m.

Per quanto riguarda il Membro di Tovel esso si presenta con successioni di calcari in facies subtidali, ben stratificati con colorazioni da giallo a grigio bruno. La successione è composta da alternanze ritmiche di micriti brune prevalenti in banchi e calcareniti grossolane. Le bancate sono intercalate da *packstone* e *wackestone* con abbondanti ooliti, oncoliti algali e altri bioclasti. Il Membro di Tovel rispetto alla classica Formazione di Rotzo si differenzia per l'assenza delle bancate a *lithiotis* e per la presenza di selce. Questo membro può raggiungere una potenza di 300 m.

4.2.19 Formazione di Tofino (TOF) (Retico- Bajociano inf.)

Questa formazione affiora nelle zone di Pala dei Mughì (TOF₃ e TOF₄) nella parte centrale Nord e nella zona Sud orientale del Foglio 059 Tione di Trento (una piccola porzione affiora al confine dell'aria di studio nella zona del Monte Mancis in sinistra della Val Manez (TOF₁ e TOF₂). Questa formazione è divisa in quattro membri, il Membro del Torrente Duina (TOF₁), il membro di Val degli Inferi (TOF₂), il membro di Malga Tenera (TOF₃) e il Membro di Bocchetta Slavazi (TOF₄).

Questa unità può essere considerata come espressione di una successione bacinale profonda del Giurassico inf., formatasi al margine della piattaforma dei Calcari Grigi. Essa è costituita da calcari micritici, nastriformi, grigi selciferi a Radiolari e spicole di spugne con corpi di calciotorbiditi e di megabrecce talora decametriche.

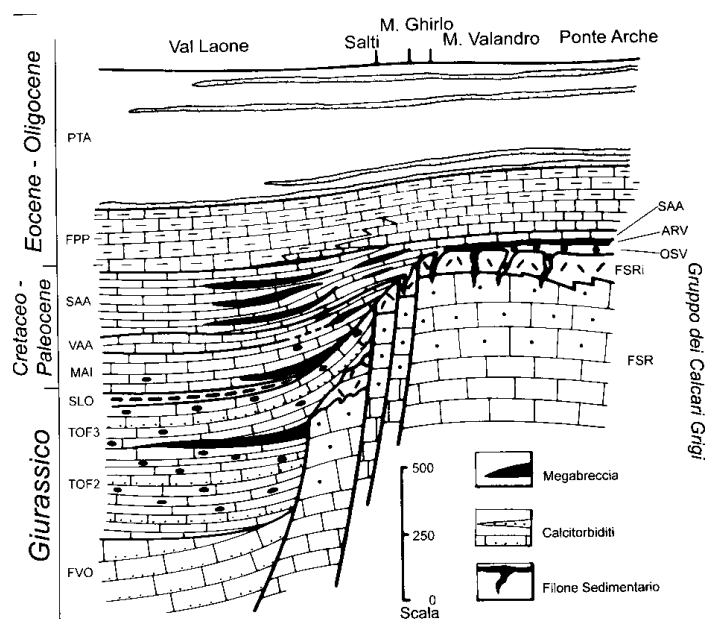


Fig:4.2.19.1: Schema dei rapporti stratigrafici delle unità comprese tra il Lias inferiore e l'Oligocene della conca di Stenico e Ponte Arche (Castellari et al, 2005) (limite orientale dell'area di studio).

4.2.20 Maiolica (MAI) (Titoniano sup – Barremiano)

L'unità affiora nell'area di studio limitatamente in loc. Madonnina e poco prima della confluenza del Rio Valagola e il Fiume Sarca. Alla base presenta accumuli di frana sottomarina (3-15m). Sopra questo livello compaiono calcari micritici,

bianchi, lastriformi, selciferi, sormontati da calcari grigio-scuro fino a nerastrì sottilmente stratificati, selciferi e fittamente laminati. L'unità può raggiungere un spessore molto variabile, dai 10 ai 150 m.

4.2.21 Formazione di Val D'Agola (Turoniano Eocene)

Questa formazione affiora in loc. Malga Bregna da l'Ors (VAG₁), lungo la Val D'Agola (VAG₂ e VAG₃) e in limitati affioramenti lungo il corso del Sarca di Campiglio (VAG₃). Essa è composta da tre membri, Il Membro di Malga Bregna da l'Ors (VAG₁), il Membro de le Coste di Gual (VAG₂) e il Membro del Sarca di Campiglio (VAG₃). Essa rappresenta un'equivalente N-orientale del Flysch Insubrico (Castellarin, 1977) che costituisce il deposito sinorogenico di avanfossa della catena eoalpina, pre-Adamello.



Fig.4.2.21:Strati della Formazione di Val D'Agola ben visibili dal sentiero che da malga Movlina porta al rifugio XII Apostoli.

Membro di Malga Bregna da l'Ors (VAG₁) (Turoniano – Santoniano)

Esso è costituito da marne e marne siltose nere, localmente rosso scure, con intercalazioni di arenarie litiche e areniti ibride torbiditiche prevalentemente al

tetto della successione. Questo membro può raggiungere i 450 m di spessore. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (18) (Vedi Allegato3).

Membro delle Coste di Grual (VAG₂) (Campaniano – Maastrichtiano)

Alla base è presente un livello a conglomerati di 1,5 m di spessore. I primi 150 m della unità sono formati da alternanze di strati bianchi e banchi metrici di calciorbidi bioclastiche di piattaforma e calcari lastriformi rossi in facies di Scaglia Rossa. Nel Membro ci sono due orizzonti particolari (VAG_{2a} e VAG₂). Il primo è composto da conglomerati costituiti da clasti arrotondati di quarziti, selce, rocce metamorfiche, vulcaniti, calcari micritici e dolomie. Il secondo è composto da un corpo lenticolare di calciorbidi biogeniche con uno spessore che da 70 m passa a 5 m causata da una troncatura formata da una faglia della Linea del Sabion. Questa unità presenta uno spessore che può arrivare fino a 350 m. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (19) (Vedi Allegato3).

Membro del Sarca di Campiglio (VAG₃) (Paleocene – Eocene)

Unità composta da marne calcaree grigie e nere con noduli e sottili intercalazioni di calcari micritici a cui si intercalano biocalcareni torbiditiche con noduli di calcari micritici con foraminiferi planctonici e frammenti di nummuliti.

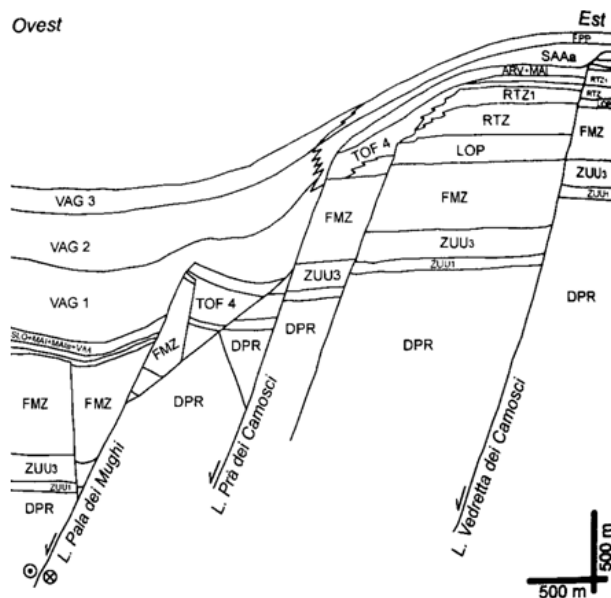


Fig.4.2.21.2: Ricostruzione dei rapporti stratigrafici delle successioni cretacico-eoceniche nella zona della Pala dei Mughli-Doss del Sabion (Castellari et al, 2005)

4.2.22 Batolite dell' Adamello (Eocene – Oligocene)

Questo grande corpo intrusivo appartiene al cosiddetto sistema magmatico periadriatico. Il batolite è formato da vari plutoni di età terziaria a prevalente composizione tonalitica. I vari plutoni derivano da differenti intrusioni, ciascuno con una propria storia di differenziazione. Nel Foglio 059 Tione di Trento esso si trova nella parte Nord-occidentale mentre nel Foglio 042 Malè nella zona sud Orientale. Vengono ora descritte le caratteristiche petrografiche dei vari plutoni. Le età in Ma si riferiscono a datazioni U-Pb su cristalli di Zirconio (Mayer et al, 2003).

4.2.22.1 Plutone Re di Castello

- Tonalite del Re di Castello (RCT) (Eocene, 40-42 Ma)

Nel Foglio 059 Tione di Trento affiorano solamente in una piccola porzione in Val Seniciaga nel margine occidentale del foglio. Si tratta di tonaliti a grana medio fine con presenza, in ordine di abbondanza, di quarzo, plagioclasio, anfibolo, biotite.

- Masse femiche (mf) (Eocene medio)

Sono presenti nelle zone limitrofe della Val Seniciaga anche della “Masse femiche”(mf) (Eocene medio) intruse all'interno degli Scisti Rendena. Si presentano come gabbro dioriti e dioriti più o meno biotitiche a grana minuta.

4.2.22.2 Plutoni del Corno Alto e Sostino

- Granodiorite/Trondhjemite del Corno Alto e Sostino (GTC) (42 Ma Eocene)

Affiorano nell'area di studio dall'abitato di Borzago fino ad arrivare al contatto con PPG in Val di Geneva. Il litotipo predominante è una granodiorite, leucoquarzodiorite a grana grossa, formata da quarzo, plagioclasio, feldspato potassico, biotite e mica bianca con orneblenda come accessorio. Presenta una composizione abbastanza omeogenea, cambia soprattutto la tessitura, specialmente nella zona di contatto con il Plutone della Val d'Avio – Val di

Genova dove può presentare una marcata foliazione tettonica. Talvolta assume una struttura leggermente porfirica a causa dello sviluppo del plagioclasio. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (20) (vedi Allegato 3)

- Dioriti a grana medio fine (GTC₁) (Eocene)

In Val di Borzago e limitatamente in altre zone affiorano delle apofisi basiche, di composizione dioritica, gabbrica a grana medio-fine. Talvolta si presentano brecciate e cementate dalla messa in posto di fusi successivi.

- Micrograniti (GTC₂) (Eocene)

Affiorano nella zona del Monte Palone dove i micrograniti intrudono apofisi dioriti che e i micascisti incassanti. Presentano una grana molto fine, con tipica composizione granitica. Infatti è composta da quarzo, plagioclasio, K-feldspato e biotite.

4.2.22.3 Plutone dell'Adamello

- Tonalite dell'Adamello Occidentale e Centrale (TAC₁) (41-37 Ma)

Affiora nel settore N-occidentale del foglio presso il M. Stavel (margine sinistro Val Seniciaga). Si presenta come una tonalite a grana grossa, caratterizzate da anfibolo centimetrino ad abito tozzo e da biotite spesso aggregata in pile colonnari. Anch'esse sono fogliate al contatto con PPG.

4.2.22.4 Plutone della Val d'Avio – Val di Genova

- Leucoquarzodiorite della Bassa Val di Genova (PPG) (37-33 Ma Eocene – Oligocene)

Affiorano nella destra orografica della Val di Genova e presso l'abitato di Carisolo. Queste rocce hanno una tendenza leucocratica, grana media e sono composte in ordine di abbondanza da quarzo, plagioclasio, biotite e raro anfibolo. Sono caratterizzate spesso da una forte foliazione tettonica che scema verso Ovest. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (21) (Vedi Allegato 3) e

sono state eseguite due sezioni sottili e due analisi modali (Cap.7) delle fasi mineralogiche (Cap. 5.1.3).

4.2.22.5 Plutone della Presanella

- Leucotonaliti della Val Nambrone (PPN) (36-31 Ma Eocene – Oligocene)

Affiorano nell'area di studio limitatamente presso l'abitato di Sant'Antonio di Mavignola. Si presentano come tonaliti a grana media, chiare, caratterizzate da quarzo, plagioclasio, anfibolo e subordinato epidoto. Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (22) (vedi Allegato 3).

- Tonalite della Presanella Centrale (PPC) (39 -31 Ma con nuclei relitti di 305 Ma Eocene Oligocene)

Affiorano lungo il versante sinistro della Val Genova. Sono tonaliti a grana medio-grossa con anfibolo pluricentrico ad abito allungato, a plagioclasio, quarzo, orneblenda e biotite. A volte presente anche l'epidoto in quantità considerevoli (Fig.4.2.22.5). L'uniformità di queste tonaliti è interrotta talvolta da microquarzodioriti con abbondanti nuclei di concentrazione femica, talora porfirici (PPC_a) e da leucoquarzodioriti a plagioclasio, quarzo, biotite e scarso anfibolo (PPC_b). Per il lavoro di tesi è stato prelevato un campione (23) (vedi Allegato 3).

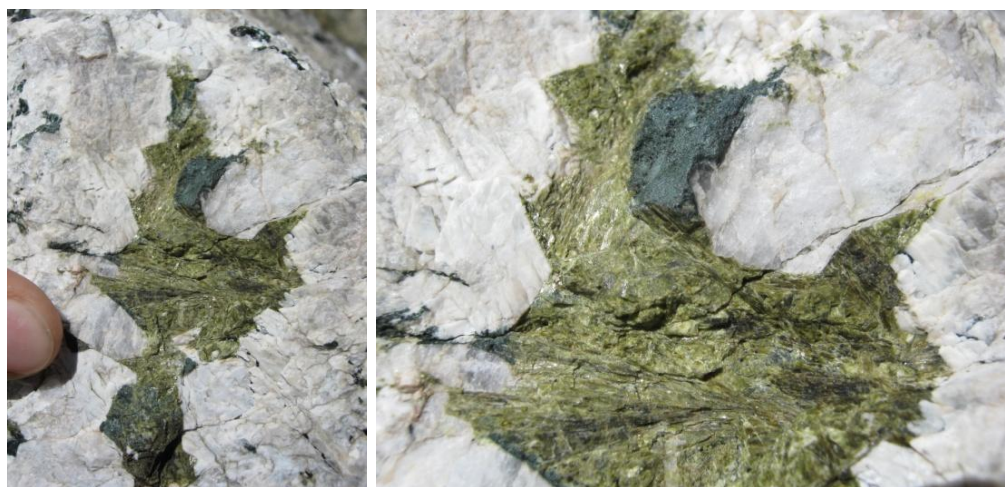


Fig.4.2.22.5.: Epidoto centimetrico nella zona di Cima Presanella

4.3 Successioni Plio-Quaternarie

I depositi sono stati cartografati nel Foglio 059 Tione di Trento come unità a limiti inconformi. Per ogni unità ne viene indicata la litologia e le variazioni della tessitura dei depositi (glaciali, lacustri, frana, alluvionali). Le unità presenti nell'area sono sintetizzate nella seguente tabella (Fig.2.3.1) dove si può notare l'età e le caratteristiche principali.

| | Unità climatiche | Nome formale | Attributi generali | Sigla | Autori precedenti |
|--------------------------|--|--|---|------------------|--|
| Attuale-Olocene | P.E.G.- Attuale | subsintema dell'Amola | Depositi della P.E.G. ed altri ad essi correlati | PTG ₁ | Depositi olocenici |
| Olocene-Pleistocene sup. | Postglaciale - Tardiglaciale superiore | sintema Postglaciale Alpino | Depositi lacustri, alluvionali e gravitativi | PTG | Depositi olocenici |
| Pleistocene sup. | Tardiglaciale superiore | subsintema di Bondo (Unità delle Alte Valli) | Depositi glaciali di circo e altri ad essi correlati | SGD ₂ | Fasi stadiali tardiglaciali (Egesen, Daun, Gschnitz) |
| Pleistocene sup. | Tardiglaciale inferiore | subsintema di Malè (Unità dei Fondovalle) | Depositi glaciali vallivi e lacustri singlaciali | SGD ₁ | Ultime fasi dell' U.M.G. (Bühl, Steinach) |
| Pleistocene superiore | Tardiglaciale inf. Pleniglaciale | sintema del Garda | Depositi glaciali ed altri ad essi correlati | SGD | U.M.G., Würm III |
| Pleistocene-?Pliocene | Pre ultimo massimo glaciale | supersintema del M. Spinale | Tutte le unità più antiche dell'ultima massima espansione glaciale (U.M.G.) | MS | Depositi pre-würmiani |

Fig.2.3.1:Tabella riassuntiva dei depositi presenti nell'area. (Castellarin et al, 2005)

Nell'area si trova un supersistema, due sistemi e tre subsistemi. Il Supersistema del Monte Spinale (MS) comprende tutti i depositi formati precedentemente all'ultima massima espansione glaciale (Pre LGM). Questi depositi sono caratterizzati da un buon grado di cementazione (alcune tipologie di conglomerati e brecce) ed elevato livello di erosione (dep. glaciali fortemente erosi ed alterati

da pedogenesi). Il Sintema del Garda (SGD) comprende i depositi glaciali e di contatto glaciale dell'ultima massima espansione glaciale. Questo sintema si può dividere in due subsintemi, il Subsintema di Malè e di Bondo. Il primo comprende quei sedimenti caratterizzati dall'ultima fase di massima espansione glaciale mentre il secondo quelli caratterizzati da una nuova fase di ripresa glaciale (storicamente riconducibile alla stadio di G.Schnitz). Questo sintema caratterizza i depositi presenti nei circhi prevallivi. Il sintema Postglaciale Alpino (PTG) comprende tutti di depositi formatisi dall'ultima massima espansione glaciale ai giorni nostri. In questo sintema vista la possibilità di riconoscere i depositi caratterizzati dalla piccola età glaciale è stato definito il Subsintema dell'Amola. (Castellarin et al, 2005).

Nel lavoro di tesi sono stati prelevati un campione di terreno appartenente al sintema del Garda (SGD) (25) e un campione appartenente al sintema Postglaciale Alpino (PTG) (26)(vedi Allegato 3)

4.4 Inquadramento geomorfologico

L'area è caratterizzata da una morfologia fortemente montuosa caratterizzata da profonde incisioni che confluiscono nelle valli principali. Le forme più evidenti sono quelle glaciali. Sono infatti numerosi i circhi glaciali, i *rock glacier*, le morene, le rocce montonate e striate e tutte le varie forme glaciali sia attive (sono presenti nell'area ancora numerosi ghiacciai in ritiro) che relitte. Successivamente al periodo glaciale si sono succeduti processi che hanno dato origine a forme derivanti da processi erosivi e deposizionali legate all'azione delle acque e della gravità (forre, conoidi, frane, falde detritice, laghi, terrazzi...).



Fig.4.4.1: Ghiacciaio del “Pian di neve” (18000 m²) visto dal Rifugio Lobbie

Altre forme molte sviluppate sono quelle generate dal fenomeno del carsismo nel gruppo del Brenta. Si riscontrano infatti *karren* nei vari stadi di evoluzione, che hanno in alcuni casi non solo rimodellato ma anche nascosto le forme glaciali.



Fig.4.4.2-3: *Rinnen e rillen karren* formatesi nella Formazione di Monte Zugna (FMZ) nella zona del Rifugio XII Apostoli.

L'azione glaciale ha dato origine ad una numerosissima serie di valli, convalli, conche, altopiani e terrazzi. Di seguito sono elencate le principali vallate presenti nell'area da Nord a Sud (Antolini et al 2013):

- Val di Campiglio (da Passo Campo Carlomagno a Carisolo)
- Val di Nambino in destra orografica (Gruppo Presanella); da Madonna di Campiglio.
- Valesinella in sinistra orografica con le convalli di Vallesinella, Brenta Inferiore, Brenta Superiore e Brenta (Gruppo Brenta); da Madonna di Campiglio
- Val dei Ponti in destra orografica (Gruppo Presanella); dalla statale Mavignola-Campiglio.
- Val dei Restei in destra orografica (Gruppo Presanella); da Sant'Antonio di Mavignola.
- Val di Canton in destra orografica (Gruppo Presanella); dalla statale Mavignola Campiglio
- Val di Brenta e Brenta Alta in sinistra orografica (Gruppo di Brenta); da Sant'Antonio di Mavignola.

- Val d'Agola o Valagola in sinistra orografica (Gruppo di Brenta); da Sant'Antonio di Mavignola.
- Val Nambrone e d'Amola in destra orografica (Gruppo Presanella); dalla statale Mavignola-Carisolo.
- Val Genova in destra orografica con le convalli in destra orografica di Stablei e Stablelin, Folgarida, Larès, Siniciaga e Germenega; ed in sinistra orografica le convalli di Ronchina, Zigolon, Cercen, Gabbiolo, Rocchetta, Nardis e Ghilol (Gruppo Adamello); da Carisolo.
- Val Fucine in sinistra orografica; da Giustino.
- Val Varcè, Val di Pac, Valpiana in sinistra orografica; da Bocenago.
- Val di Borzago, con Val Garzava e Val Conca in destra orografica (Gruppo Adamello); da Borzago/Spiazzo.
- Val di San Valentino con Valletta Alta e Vallina in destra orografica (Gruppo Adamello); da Iavrè/Vigo Rendena.
- Val di Breguzzo in destra orografica con le convalli di Trivena, del Vescovo, di Cancvac, d'Arnò e Cenglina (Gruppo Adamello); da Breguzzo/Bondo.
- Val di Manez in sinistra orografica; Montagne.
- Val d'Algone e di Nambi in sinistra orografica con le valli di Nardis, di Sacco, Valon, Genera (Gruppo di Brenta); dalla strada del Lisan Ragoli/Stenico.

4.5 Inquadramento idrologico

Vista la cospicua presenza di ghiacciai, l'area di studio è ricchissima di acque. Essa fa parte interamente del bacino del fiume Sarca. La Sarca nasce a Pinzolo dalla confluenza di molti fiumi che prendono tutti il toponimo Sarca. I principali sono:

- Sarca di Nambino o di Campiglio, emissario dell'omonimo lago
- Sarca di Valesinella, Sarca di Brenta e Sarca di Val d'Agola che si originano dal Gruppo di Brenta
- Sarca d'Amola e Sarca di Nambrone che proviene dal lago Vedretta a 2.612m s.l.m. nel Gruppo della Presanella
- Sarca di Genova che proviene dal Lago Scuro 2.668 m s.l.m. sotto la Punta di Lago Scuro appartenente al Gruppo della Presanella. Dopo solo 2 Km è alimentato da un ramo minore proveniente dal Lago Nuovo, situato sotto il Ghiacciaio del Mandrone facente parte del Gruppo dell'Adamello

La Sarca percorre la Val Rendena fino a Tione di Trento con un andamento N-S quindi, con un andamento E-O, percorre le Giudicarie Esteriori e la Forra del Limarò e successivamente, da località Sarche con andamento ancora N-S, la Val del Sarca fino ad immettersi nel Lago di Garda presso Torbole (222 m s.l.m.). La lunghezza da Pinzolo è di circa 60 km ma aumenta a 78 km se si considera il ramo del Sarca di Genova.

Nel tragitto, la Sarca riceve acque da molti affluenti. I principali presenti nell'area di studio sono:

- Rio Gruàl, Pinzolo (affluente di sinistra).
- Rio Flanginèc, Giustino (affluente di sinistra).
- Rio Varcè, scende dalla Valle omonima a Bocenago (affluente di sinistra).
- Bedù II° o Bedù di Pelugo, scende dai ghiacciai del Carè Alto e solca la Valle di Borzago (affluente di destra).

- Bedù I° o Bedù di San Valentino, esce dalla Valle omonima e si allaccia alla Sarca a Villa Rendena (affluente di destra).
- Rio finale, esce dal lago di Valsorda, riceve ,in sponda destra,il Rio Rosa (da roggia) che esce dai laghi di Valbona; costituisce il confine meridionale della Val Rendena (affluente di destra).
- Maftina, scende dai monti di Tione, sfocia nella Sarca fra Verdesina e Tione (affluente di destra).
- Manèz, si forma nella valle omonima e scorre sui catasti di Montagne di Preore (affluente di sinistra).
- Algòne, nasce nel cuore del Brenta e scende per la Valle omonima; sbocca nel bacino di Ponte Pià; a valle di Ragoli (affluente di sinistra).

Oltre ai numerosi corsi d'acqua sono presenti numerosissimi laghi alpini in alta quota, concentrati in destra orografica della Val Rendena e rari in sinistra. Riporto un elenco dei laghi presenti nell'area di studio (Tomasi, 1963):

- Laghetto Altari (2160m); b.i. Sarca di Genova; m² 1300; m.60x30.
- Laghetto Altari Alto (2480m); b.i. Sarca di Genova; m² 1000; m.60x20; denominato anche Lago Scuro.
- Laghetto di Banco (2165m); b.i. Sarca di Genova; m² 2000; m.70x20.
- Laghetto di Bon (2580m); b.i. Sarca di Nambrone; m² 5600; m.100x80.
- Lago di Cornisello inferiore (2083m); b.i. Sarca di Nambrone; m² 33900; m.280x150; pr.5.
- Lago di Cornisello superiore (2112m); b.i. Sarca di Nambrone; m² 59260; m.370x210; pr.21,50.
- Laghetto Crepèr di Straciola (2073m); b.i Sarca-Rio Finale; m² 4400; m.140x40. –Villa Rendena / Verdesina.
- Laghetto del Dosson (2396m); b.i. Sarca-Rio Bedù di Villa; m² 4500; m.140x60. A 300 metri di distanza, a quota 2424m, un altro laghetto più piccolo, senza nome, non catastato. – Val San Valentino/Vigo Rendena.

- Laghetti Folgorida, tre laghetti molto contigui; (2506m); b.i. Sarca di Genova-Rio Folgorida; m² 6200 complessivamente; m100x..(il maggiore); m.60x..(il minore). – Località Ragada/Val Genova.
- Lago di Garzoné (1942m); b.i. Sarca di Genova; m² 111080; m³ 1288500; m.526x280; pr.28,40; dista circa 150 metri dal lago di San Giuliano. – Caderzone Terme.
- Pozza dei Garzoni (1780m); b.i. Sarca di Campiglio; m² 9000; m.220x60. – Madonna di Campiglio.
- Lago Gelato (2386m); b.i. Sarca di Nambino-Campiglio; m² 85720; m.450 x312; pr.27. – Madonna di Campiglio.
- Lago di Germénega 1° (1871m); b.i. Sarca di Genova; m² 5000; m100 x 80. - Val Genova.
- Lago di Germenega 2° (1962m); b.i. Sarca di Genova; m² 5600; m.120x80.- Val Genova.
- Lago di Germenega 3° (2077m); b.i. Sarca di Genova; m² 5000; m.100x90. - Val Genova.
- Lago Ghiacciato (2585m); b.i. Sarca di Genova; m² 5600; m³19500; m.115 x83.; pr.83. Val Genova/Bèdole.
- Laghisòl (2145m); b.i. Sarca-Torrente Arnò; m² 5500; m.100x80. – Val di Breguzzo.
- Lago di Làmola (2037m); b.i. Sarca di Genova; m² 8700; m.160x70. – Val Genova.
- Lago di Lares (2650m); b.i. Sarca di Genova-Rio Làres; m² 45000; m.300 x250; pr.8. – Val Genova.
- Lago delle Malghette Alto (2082m); b.i.Sarca di Nambino-Campiglio; m² 6200; m.110x85., profondità modesta. – Madonna di Campiglio.
- Lago Mandrone (2338m); b.i. Sarca di Genova; m² 1000; m.290x120; pr.8. Val Genova/Bèdole.

- Lago Mandrone Basso (2240m); b.i. Sarca di Genova; m² 22000; m³ 25000; m.350x130; pr.6,8. E' anche denominato Lago Nuovo. – Val Genova / Bèdole.
- Pozze del Mandrone: sono cinque; (2338m); b.i. Sarca di Genova; m²1600 (I), m²2540 (II), m² 1700 (III), m² 16555 (IV), m² 2650 (V); m.78x4,1 (I), m.83x51 (II), m.80x36 (III), m.60x22 (IV), m.80x38 (V); pr.1,20 (I), 2,10 (II), 1,00 (III), 1,50 (IV), 2,00 (V). In prossimità altre tre “pozze” più piccole. – Val Genova / Bèdole.
- Lago di Nambino (1767m); b.i. Sarca di Nambino-Campiglio; m² 39800; m³ 119400; m.307x125; pr.4,8. – Madonna di Campiglio.
- Lago di Nambrone (2436m); b.i. Sarca di Nambrone; m² 34200; m.310x150; profondità modesta. In prossimità un altro piccolo laghetto senza nome, non catastato. – Val Nambrone.
- Laghi Neri: consistono in un laghetto principale e numerose pozze circostanti; (2588m);b.i. Sarca-Torrenti Arnò e Roldone; m² 3500; dimensioni e profondità modeste. - Val di Breguzzo.
- Lago Nero (Cornisello) (2236m); b.i. Sarca di Nambrone; m² 25000; m³ 333700; m.230x172; pr.33. Val di Nambrone,.
- Lago Nero (Ritorto) (2325m); b.i. Sarca di Nambino-Campiglio; m² 27750; m³ 430100; m.390x135; pr.22. Nella zona è pure chiamato Lago di Nambino.- Madonna di Campiglio.
- Laghetto dell’Om (2430m); b.i. Sarca di Nambrone-d’Amola; m² 25800; m³ 333700; m.230x172; pr.33.- Val Nambrone.
- Lago dei Pozzoni (2700m); b.i. Sarca di Genova-Rio làres; m² 35000; m.250x250. – Val Genova.
- Lago di Redònt (2150m); b.i. Sarca-Torrente Arno’; m² 6000; m.100x90. – Val di Breguzzo/Trivena.
- Lago di Ritorto (2056m); b.i. Sarca di Campiglio; m² 76580; m³ 1072100; m.480x290; pr.24,5. – Madonna di Campiglio.

- Lago Rotondo (2522m); b.i. Sarca di Genova; m² 12500; m³ 81400; m.143x121; pr.12. – Val Genova/Bèdole.
- Lago di San Giuliano (1938m); b.i. Sarca di Genova; m²51900; m³ 107400; m.360x240; pr.5,60. – Caderzone Terme.
- Lago di Scarpacò (2557m); b.i. Sarca di Nambrone; m² 6000; m.180x50. – Val Nambrone.
- Lago Scuro (Mandrone) – (2661m); b.i. Sarca di Genova; m² 56200; m.380x130; pr.22. – Val Genova/Bèdole.
- Lago Seròdoli di Sopra (2368m); b.i. Sarca di Nambino-Campiglio; m² 46800; m³ 653000; m.260x254; pr.32,5. – Madonna di Campiglio.
- Lago Seròdoli di Sotto (2241m); b.i. Sarca di Nambino-Campiglio; m² 5500; m.100x50; profondità modestissima. – Madonna di Campiglio.
- Lago Spinale (2030m); b.i. Sarca di Campiglio; m² 6200; m.150x50;profondità modesta. -Madonna di Campiglio.
- Lago di Vacarsa (1912m); b.i. Sarca sub-bacino Bedù di Villa; m²15000; m.380x80.- Val San Valentino.
- Lago di Valàgola (1595m); b.i. Sarca di Campiglio.Rio Valagòla; m²13000; m.300x140. – Sant’Antonio di Mavignola.
- Lago di Valbona inferiore (2046m); b.i. Sarca-Rio Finale; m² 11200; m.200x70. Nei pressi un altro laghetto più piccolo senza nome e non catastato.- Tione.
- Lago di Valbona medio (2195m); b.i.Sarca-Rio Finale; m² 7500; m.140x70. – Tione.
- Lago di Valbona superiore (2195m); b.i.Sarca-Rio Finale; m² 19300; m.220x180. – Tione.
- Laghetto Valletta Alta (2347m); b.i. Sarca-Rio Bedù di Villa Rendena; m² 3000; m60 x 60. – Val San Valentino/Vigo Rendena.
- Lago Vedretta (2603m); b.i. Sarca di Nambrone; m² 87500; m800 x 180. – Val Nambrone.

b. i = bacino idrografico, **m²** = superficie, **m. x** = lunghezza per larghezza, **pr** = profondità

Le dimensioni e le profondità di alcuni di questi laghi sono variate anche di molto rispetto a quanto sopra indicato a causa del pronunciato scioglimento dei ghiacciai negli decenni.



Fig.4.5.1: Laghi di Garzonè e San Giuliano, sullo sfondo Cima Presanella visti dal passo Bocchetta dell'Acqua Fredda

Per alcuni di questi laghi vista la profondità e la vicinanza con malghe e rifugi sarebbe interessante una campagna di rilevamento termico per determinare, oltre che le temperature anche la variazione termica durante l'anno in funzione della profondità. Ciò ai fini di valutare il potenziale di impianti a sistema chiuso o aperto (vedi Cap.2.2). L'economia di questo lavoro non consente purtroppo di approfondire la valutazione del potenziale di queste applicazioni.

Per quanto riguarda le precipitazioni sono disponibili sul sito di Meteotrentino i valori delle precipitazioni dal 1961 al 1990 di alcune stazioni meteorologiche del Trentino. Riporto in Fig.4.5.2 i valori delle altezze di precipitazioni medie (*mm*) mensili e annue presenti nell'area di studio e limitrofe.

| Stazioni | Quota(m) | Gennaio | Febbraio | Marzo | Aprile | Maggio | Giugno | Luglio | Agosto | Settembre | Ottobre | Novembre | Dicembre | Annua |
|-----------------|----------|---------|----------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|---------|----------|----------|-------|
| Tione di Trento | 575 | 73 | 60 | 95 | 120 | 136 | 109 | 109 | 120 | 102 | 123 | 136 | 75 | 1257 |
| Pinzolo | 755 | 65 | 57 | 76 | 108 | 120 | 93 | 90 | 92 | 89 | 104 | 104 | 64 | 1063 |
| Malè | 735 | 49 | 50 | 59 | 85 | 105 | 88 | 83 | 88 | 75 | 84 | 90 | 50 | 906 |

Fig.4.5.2: Valori di altezza di precipitazione medie mensili (*mm*) nelle stazioni meteorologiche di Tione di Trento, Pinzolo e Malè dal 1961 al 1990 (<http://www.meteotrentino.it/clima>)

5 Screening proprietà termiche

In questo capitolo verranno spiegate le metodologie e le analisi con le quali si acquisiranno i dati necessari per creare nel Cap.6 varie mappe tematiche riguardanti l'area di studio. Come anticipato nell'introduzione, saranno prese in esame le litologie più rappresentative dell'area di studio (5.1), le sorgenti (5.2) e la temperatura dell'aria (5.3).

5.1 Conducibilità termica delle rocce e dei sedimenti dell'area di studio

Al fine di fornire il dato di conducibilità termica (vedi Cap.3) sono state campionate quasi tutte le litologie presenti nell'area, tralasciando solo quelle presenti ad alta quota (> 2000m), nonché quelle con potenze limitate (<50m) o difficilmente affioranti.

Sono stati prelevati 26 campioni dei quali, 24 rocce (Cap.4.2 e Allegato 3) e 2 depositi plio-quadernari (Cap.4.3 e Allegato 3). Per tutti i campioni è stata creata una scheda riassuntiva con alcune informazioni e foto (posizione in carta, foto di affioramenti, dettagli..., vedi Allegato 3). Dei campioni, inoltre, è stata segnata, ove possibile, la superficie di strato e l'orientazione al fine di ricavarne il piano verticale e orizzontale. Successivamente al taglio e previa analisi, i campioni sono stati essiccati in forno a 70°C per 24 ore e depositati per almeno altre 24 ore in un locale climatizzato a 21 °C. Nel lavoro di tesi non saranno eseguite analisi di tipo *wet* ma solamente *dry* per questioni di tempistica.



Fig.5.1.1-2: Forno utilizzato per essiccare i campioni (a sx) e fase di taglio dei campioni raccolti

Le caratteristiche dei campioni raccolti sono riassunti nelle tabella sottostante (Fig.5.1.3)

| Località | Campioni | Litologia | Nome formazione | Età | COD. CARTOG. |
|---|----------|---|---|--------------------------|------------------|
| Rio Valagola | 19 | calcare micritico nero | Membro de le Coste del Gual | Campaniano-Maastrichtino | VAG ₂ |
| Vallesinella | 17 | calcare micritico scuro | Formazione di Monte Zugna | (?)Retico-Sinemurinao | FMZ |
| Sant'Antonio di Mavignola | 22 | leucotonalite grana grossa | Leucotonalite della Val Nambrone | Eocene-Oligocene | PPN |
| Val Genova-Cascata Nardis | 23 | tonalite grana med/grossa | Tonalite della Presanella Centrale | Eocene-Oligocene | PPC |
| Vallesinella | 15 | calcare micritico scuro | Membro del Grostè | ? Norico-Retico | ZUU ₁ |
| Loc. Ingiva-Caderzone Terme | 20 | granodiorite grana grossa | Granodiorite-Trohdjemite del C.Alto | Eocene | GTG |
| Malga Breg de l'Ors | 18 | marne siltiti laminate | Membro di Breg da l'Ors | Turoniano-Santoniano | VAG ₁ |
| Sentiero delle rocce-Vallesinella | 16 | calcare micritico scuro | Membro di Tremalzo? | Retico | ZUU ₃ |
| Val Genova-Chalet da Gino | 21 | tonalite con foliazione tett | Leucoquarzodirite della bassa val di Genova | Eocene-Oligocene | PPG |
| Cima Dourmont | 13 | dolocalcari grigi compatti | Formazione di Breno | Ladinico Sup-Carnico | BRE |
| Sentiero Pra Rodont-Malga Breg de l'Ors | 6 | granodiorite | Leucogranodiorite | Permiano | GMS ₁ |
| Capanna Dourmont-Cima Dourmont | 12 | calc.marnoso | Formazione di Werfen | Triassico Inf. | WER |
| Capanna Dourmont | 11 | arenite rosse | Arenaria della Val Gardena | Permiano Sup. | GAR |
| Strada Ches-Passo Daone | 10 | congl. fine/arenite | Verrucano Lombardo | Permiano Sup. | VER |
| Strada Ches-Passo Daone | 9 | ignimbrite rossa verde | Ignimbriti di Malga Plan | Permiano Inf.-?Sup. | IMP |
| Strada Vigo Rendena-San Valentino | 5 | micascisto | Scisti Rendena | Pre Permiano | SRE |
| Sentiero Pra Rodont-Malga Breg de l'Ors | 7 | granodiorite fine | Granodiorite del Doss del Sabion | Permiano | GMS |
| Loc. Sesana | 4 | calc.micritico nero fossilifero | Calcarea di Prezzo | Illirico | PRZ |
| Sentiero Capanna Dourmont-Cima Dourmont | 3 | mudstone | Calcarea di Esino | Illirico-Ladinico Inf. | ESI |
| Sentiero Capanna Dourmont-Cima Dourmont | 2 | calcarea micritico grigio | Calcarea di Angolo? | Pelsonico | ANG |
| Sentiero Capanna Dourmont-Cima Dourmont | 1a/b | calcarea micritico grigio con noduli neri | Calcarea Angolo? | Pelsonico | ANG |

| | | | | | |
|-------------------------------|----|--------------------|-----------------------------|---------------------|--------|
| Prà Rodont | 24 | scisto debole,alt. | Scisti Rendena | Pre Permiano | SRE au |
| Strada Binio-Capanna Dourmont | 14 | dolomia compatta | Dolomia Principale | Norico-Retico | DPR |
| Strada Ches-Passo Daone | 8 | vulcanite | Lave basaltiche di Bocenago | Permiano Inf.-?Sup. | LPB |

Fig. 5.1.3: Tabella riassuntiva campioni prelevati

Oltre a campioni di rocce sono stati prelevati anche due campioni di sedimento (vedi Allegato 3).

| Località | Campione | Tipologia | Nome Cartog. | Età | Cod. Carto. |
|-------------------------------|----------|---------------|-----------------------|-----------------------------|-------------|
| Loc. Parnecle (Villa Rendena) | 25 | sabbia-ghiaia | Sintema del Garda | Pleistocene Sup. | SGD |
| Villa Rendana | 26 | sabbia-ghiaia | Sintema Post-glaciale | Pleistocene Sup . - Olocene | PTG |

Fig.5.1.4:Tabella riassuntiva sedimenti

Per ottenere i valori di conducibilità termica è stato utilizzato uno strumento portatile in grado di rilevare la conduttività termica di materiali litici e sciolti (*ISOMET 2114*). Si prevede che i dati di conducibilità saranno integrati (*dry e wet*) successivamente impiegando anche un ulteriore apparecchiatura (*C-ThermTCi -Thermal Conductivity Analyzer*) che si basa su un metodo ibrido innovativo. L'integrazione non è stata possibile in questo lavoro di tesi per questioni di tempistica.

5.1.1 Strumentazione

Lo strumento utilizzato per le indagini di conducibilità termica fornisce anche la diffusività termica e il calore specifico (vedi Cap.3). Lo strumento è dotato di due differenti sonde a seconda della tipologia del materiale da analizzare: una per materiali sciolti e l'altra per materiali compatti. La prima è composta da un ago di cui i primi 15 mm sono privi di sensore, da una parte centrale di 50 mm con il sensore vero e proprio e da una restante parte priva di sensore.



Fig.5.1.1.1: In figura lo strumento ISOMET 2114 e i due tipi di sonde utilizzabili

Per una corretta misurazione la sonda deve essere immersa nel materiale almeno per 80 mm. La seconda è composta da una sonda piatta con un diametro di 60 mm.



Fig.5.1.1.2: Esempi di misure con lo strumento ISOMET 2114

Lo strumento, come già accennato precedentemente (Cap.3.2.1), si avvale di un metodo di misurazione dinamico che riduce di molto i tempi di misura rispetto ai metodi stazionari. La misurazione si basa sulla risposta di temperatura del materiale analizzato riscaldato con impulsi termici generati da una resistenza posta nella sonda. La valutazione del calore specifico e della conducibilità termica si basa sulla variazione di temperatura nel tempo del materiale riscaldato, considerando un mezzo di propagazione illimitato.

Lo strumento è in grado di misurare un *range* di conducibilità termica che va da 0,04 a $6 \frac{Watt}{mK}$ con la sonda per materiali compatti e da 0.015 a $2 \frac{Watt}{mK}$ con la sonda per materiali sciolti e un *range* di temperatura da 20 a 70°C per la prima e da 15 a 50°C per la seconda.

Durante ogni prova vengono eseguite 2 misure, nella tabella in Fig. 5.1.3.1 è riportata la media delle due misure e la deviazione standard.

5.1.2 Lavori precedenti

Esistono molti lavori e dati bibliografici sulla conducibilità termica delle rocce e dei sedimenti. I valori ivi indicati saranno usati come confronto per i risultati ottenuti durante l'analisi in laboratorio e per le analisi modali delle fase mineralogiche. I fattori che, come emerge da bibliografia, sono da considerarsi i principali per quanto riguarda la variazione della conducibilità sono: il contenuto mineralogico, la densità, la porosità, il grado di saturazione e la temperatura. Nelle tabella seguente sono mostrati i valori di conducibilità termica, densità e calore specifico di alcuni minerali ottenuti da vari autori.

| Material | Thermal conductivity (W m ⁻¹ K ⁻¹) | Density (kg m ⁻³) | Specific heat (J kg ⁻¹ K ⁻¹) |
|----------------------------|--|----------------------------------|--|
| Quartz-α | 7.69 ^a | 2647 ^a | 740 ^b |
| Quartz microcrystalline | 3.71 ^a | 2618 ^a | 735 ^b |
| Plagioclase | 1.97 ^a | 2642 ^a | 837 ^b |
| K-feldspar | 2.40 ^a | 2562 ^a | 700 ^b |
| Calcite | 3.59 ^a | 2721 ^a | 815 ^b |
| Dolomite | 5.51 ^a | 2857 ^a | 870 ^b |
| Sheet silicates | 1.88 ^c | 2630 ^c | 832 ^d |
| Anhydrite | 4.76 ^a | 2978 ^a | 585 ^b |
| Gypsum | 1.30 ^e | 2320 ^b | 1070 ^b |
| Air | 0.026 | 1.225 | 1005 |
| Water | 0.60 | 1000 | 4186 |

Notes: ^aHorai (1971). ^bWaples & Waples (2004a). ^cBrigaud & Vasseur (1989). ^dHadgu *et al.* (2007). ^eClauser & Huenges (1995).

Fig.5.1.2.1: Tabella con il valore di conducibilità termica, densità e calore specifico (Pasquale et al. 2011)

| Mineral | K, W m ⁻¹ K ⁻¹ | ρ, kg m ⁻³ |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------|
| Quartz | | |
| <i>Quartz (random)</i> | 7.69 | 2650 |
| <i>Quartz (⊥c-axis)</i> | 6.50 | 2650 |
| <i>Quartz (∥c-axis)</i> | 11.30 | 2650 |
| Feldspar | | |
| <i>Alkali feldspar</i> | 2.31-2.49 | 2560-2580 |
| <i>Plagioclase feldspar</i> | 1.53-2.14 | 2620-2770 |
| Pyroxene | | |
| <i>Orthopyroxene</i> | 4.16-4.47 | 3270-3370 |
| <i>Clinopyroxene</i> | 3.82-4.94 | 3280-3330 |
| Amphibole | | |
| <i>Hornblende</i> | 2.81 | 3180 |
| <i>Actinolite</i> | 3.48 | 3060 |
| Olivine | 3.45-5.16 | 3240-3770 |
| Mica | | |
| <i>Muscovite</i> | 2.32 | 2850 |
| <i>Biotite</i> | 2.02 | 2980 |
| <i>Chlorite</i> | 5.15 | 2760 |
| Epidote | 2.83 | 3290 |
| Carbonates | | |
| <i>Calcite</i> | 3.59 | 2720 |
| <i>Dolomite</i> | 5.51 | 2860 |
| Clay | 1.2-2.2 | 2200 |

K, thermal conductivity; ρ, density.

Fig.5.1.2. 2: Tabella con il valore di conducibilità termica, densità (M.Q.W. Jones 2003)

Dalle tabelle in Fig.5.1.2.1-2 si notano i valori di spicco del quarzo e della dolomite e quelli più bassi del plagioclasio e del K-Feldspato. Come confermato dai risultati ottenuti in laboratorio per la presenti tesi, le rocce con le conducibilità più elevate sono quelle con alte percentuali di dolomite e quarzo e, in buona parte, anche di calcite, mentre quelle con conducibilità più basse sono quelle con alti valori di plagioclasio (tonaliti dei plutoni dell'Adamello e del Doss del Sabion). Nei diagrammi seguenti (Fig.5.1.2..2-3) vengono mostrati i valori di conducibilità delle rocce in funzione dei minerali che le compongono (Clauser et Huenges 1995).

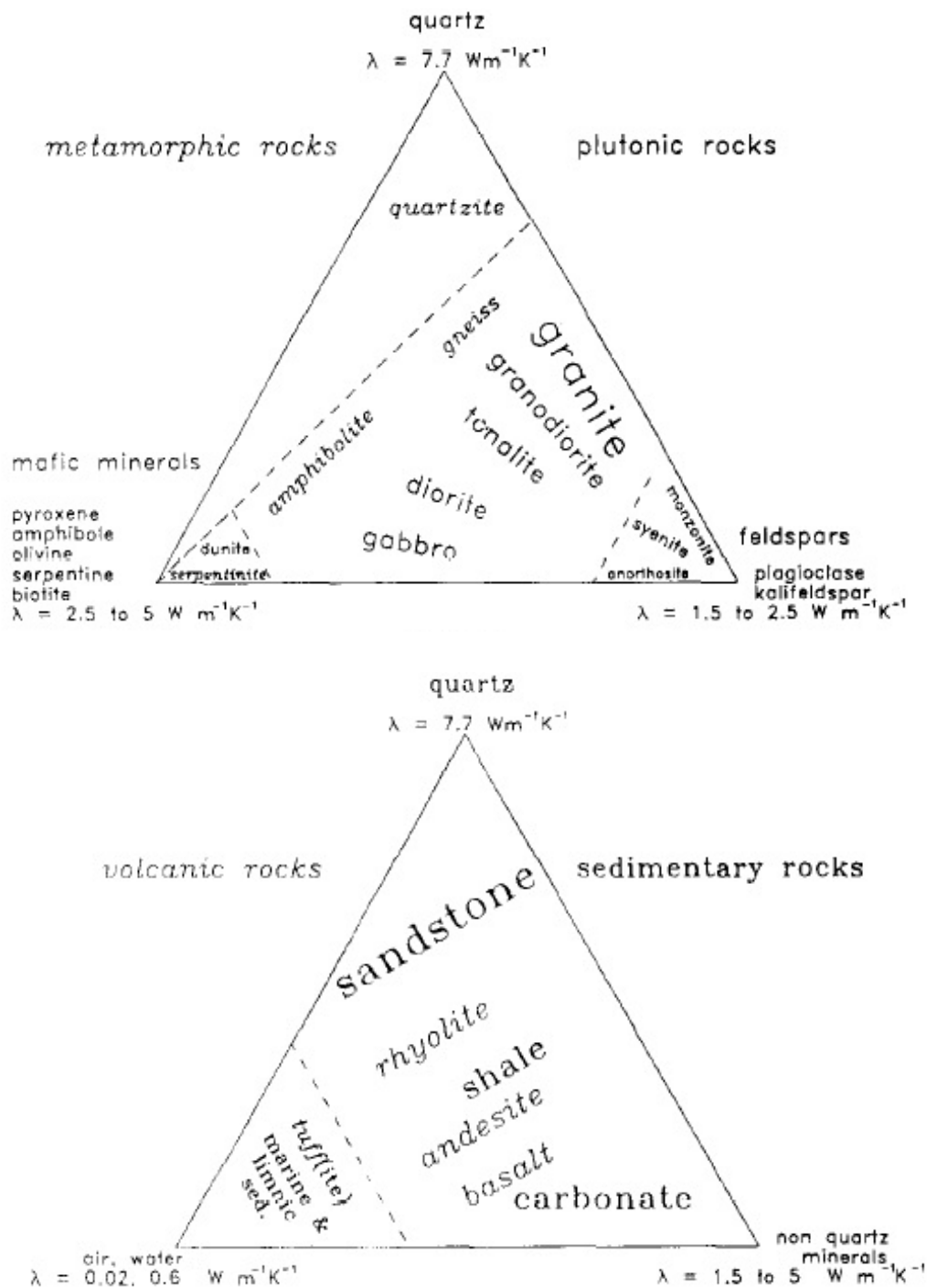


Fig.5.1.2.2-3:Conducibilità termica dei minerali relazionate al rapporto compositivo con le rocce, per le rocce vulcaniche e sedimentarie il terzo “minerale” di fase è l’acqua e l’aria per l’importanza che assume la porosità per il valore di conducibilità in queste rocce (Clauser et Huenges 1995)

Consultando articoli e completando le ricerche precedentemente eseguite dalla Dott.ssa. De Sipio è stata creata la tabella seguente in Fig.5.1.2.3 dove sono visibili alcuni valori (medie) di conducibilità termiche per vari tipi di rocce.

| Litologia | ASHRAE | VDI 4640 | EED (Eskilson) | Gangyan (2005) | Pasquale et al (2012) | Lee and Deming (1998) | Kukkonen e Limberg (1998) | Progetto Vigor | Pechinig | Lim e Lee 2006 | Mottaghy et al. 2005 | ozkahramanet al 2004 | M.Q.W. Jones 2003 | Yasar et al 2008 |
|-----------|--------|----------|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------|----------------|----------|----------------|----------------------|----------------------|-------------------|------------------|
| Riolite | | 3,3 | 3,3 | | | | | 3,3 | | | | | | |
| Diorite | 2,7 | 2,6 | 2,6 | 2,23 | | 2,76 | | 2,6 | | | | | | |
| Dolomite | 3,9 | | 3,2 | 4,71 | 4,6 | 3,46 | | 3 | 3,71 | | | | 5,1 | 1,11 |
| Fillade | 2,1 | 2,1 | | | | | | 2,2 | | | | | | |
| Granito | 3,55 | 3,4 | 3,4 | | | 2,96 | 3,21 | 3 | | 3,4 | | 2,79 | | |
| Scisto | 3,3 | 2 | 2 | 3,12 | | | 2,61 | 2 | | | | | | |
| Gneiss | 3,7 | 2,9 | 2,9 | 2,78 | | 2,89 | | 2,9 | | | 3 | | | |
| Calcare | 3,8 | 2,8 | 2,8 | 2,97 | 3,2 | 2,48 | | 2,8 | 2,63 | | | 2,15 | | 1,81 |
| Arenarie | 2,8 | 2,3 | 2,3 | 2,57 | 3 | 3,42 | | 2,8 | | | | 2,9 | | 0,72 |
| Tonalite | | | 2,7 | | | | 2,81 | 2,7 | | | | | | |
| Quarzite | | | | 4,71 | | | | | | | | 5,38 | 7,07 | |

Fig 5.1.2.3: Valori di conducibilità termica (W/mK) di alcune rocce dry (autori vari)

5.1.3 Risultati

Nella tabella (Fig.5.1.3.1) sottostante si possono notare gli esiti delle misure e i valori riscontrati di conducibilità termica (λ , $\frac{Watt}{mK}$), di diffusività termica (D , $\frac{m^2}{s}$) e di capacità termica volumetrica (C_s , $\frac{J}{m^3 \cdot K}$).

| Codice Cartografico | Campione | Misura lungo piano orizzontale (verde) | | | Misura lungo piano verticale (azzurro) | | | Deviazioni standard (giallo) | | | | | | |
|---------------------|----------|--|---------|--|--|---------|--|------------------------------|---------------------------------|---------|-----|------|-----|------|
| | | Cond.term. (W/mK)(λ) | Dev (%) | Cal.sppecifico vol. (J/m ³ K)(cp) | Cond.term. (W/mK)(λ) | Dev (%) | Cal.sppecifico vol. (J/m ³ K)(cp) | Dev (%) | Dif.term (m ² /s)(a) | Dev (%) | | | | |
| ANG | 1a/1b | 4,3 | 0,29 | 2,2 | 2,9 | 0,06 | 2,0 | 0,23 | 2,9 | 0,77 | 1,8 | 0,05 | 1,6 | 0,72 |
| ANG | 2 | 4,6 | 1,02 | 2,5 | | 0,11 | 1,9 | 0,91 | | | | | | |
| ESI | 3 | 3,1 | 0,60 | 2,3 | | 0,06 | 1,4 | 0,66 | | | | | | |
| PRZ | 4 | 2,8 | 0,29 | 2,1 | | 0,19 | 1,3 | 0,48 | | | | | | |
| SRE | 5 | 3,0 | 0,37 | 2,2 | 2,8 | 0,12 | 1,3 | 0,49 | 2,8 | 1,08 | 2,1 | 0,06 | 1,3 | 1,14 |
| GSM ₁ | 6 | 2,5 | 0,55 | 2,1 | | 0,13 | 1,2 | 0,68 | | | | | | |
| GMS | 7 | 2,3 | 0,15 | 2,1 | | 0,10 | 1,1 | 0,25 | | | | | | |
| LPB | 8 | 3,0 | 0,27 | 2,2 | | 0,01 | 1,3 | 0,26 | | | | | | |
| IMP | 9 | 2,7 | 0,42 | 2,2 | 2,4 | 0,11 | 1,2 | 0,31 | 2,4 | 0,24 | 2,0 | 0,02 | 1,2 | 0,22 |
| VER | 10 | 3,0 | 0,51 | 2,0 | | 0,05 | 1,5 | 0,56 | | | | | | |
| GAR | 11 | 3,8 | 0,60 | 2,3 | 3,7 | 0,01 | 1,7 | 0,59 | 3,7 | 0,59 | 2,1 | 0,03 | 1,8 | 0,56 |
| WER | 12 | 2,5 | 0,37 | 1,8 | | 0,18 | 1,4 | 0,56 | | | | | | |
| BRE | 13 | 4,2 | 0,85 | 2,2 | | 0,12 | 1,9 | 0,73 | | | | | | |
| DPR | 14 | 4,9 | 0,76 | 2,5 | 4,8 | 0,08 | 2,0 | 0,84 | 4,8 | 0,70 | 2,5 | 0,01 | 1,9 | 0,71 |
| ZUU1 | 15 | 2,7 | 0,24 | 2,2 | | 0,06 | 1,3 | 0,30 | | | | | | |
| ZUU3 | 16 | 2,7 | 0,34 | 2,0 | | 0,07 | 1,3 | 0,27 | | | | | | |
| FMZ | 17 | 2,7 | 0,38 | 2,1 | | 0,51 | 1,3 | 0,51 | | | | | | |
| VAG1 | 18 | 3,2 | 0,51 | 2,2 | | 0,14 | 1,5 | 0,65 | | | | | | |
| VAG2 | 19 | 2,9 | 0,36 | 2,2 | | 0,01 | 1,3 | 0,35 | | | | | | |
| GTG | 20 | 2,2 | 0,59 | 2,0 | | 0,03 | 1,1 | 0,56 | | | | | | |
| PPG | 21 | 2,4 | 0,06 | 2,0 | 2,2 | 0,11 | 1,2 | 0,17 | 2,2 | 0,15 | 1,8 | 0,24 | 1,3 | 0,40 |
| PPN | 22 | 2,1 | 0,31 | 1,9 | | 0,01 | 1,1 | 0,32 | | | | | | |
| PPC | 23 | 2,3 | 0,33 | 2,1 | | 0,03 | 1,1 | 0,30 | | | | | | |
| SGD | 25 | 0,4 | 1,14 | 1,5 | | 0,06 | 0,2 | 1,08 | | | | | | |
| PTG | 26 | 0,3 | 1,65 | 1,5 | | 0,03 | 0,2 | 1,62 | | | | | | |

Fig.5.1.3.1:Tabella con i valori riscontrati dall'analisi in laboratorio, in verde le misure lungo il piano orizzontale, in azzurro lungo quello verticale e in giallo la deviazione standard.

Per tutti campioni è presente il dato di conducibilità parallelamente all'orientazione preferenziale della roccia mentre solo per alcuni è presente il dato misurato verticalmente ad esse. I campioni in possesso di entrambe le misure

hanno sempre valori maggiori di conducibilità lungo il piano parallelo e ciò in accordo con la bibliografia. La variazione del valore di conducibilità termica misurata verticalmente all'orientazione preferenziale della roccia è compresa tra un minimo di $0,1 \frac{Watt}{mK}$ nella Dolomia Principale (DPR) e un massimo di $0,27 \frac{Watt}{mK}$ nell'Ignimbrite di Malga Plan (IMP). Nello Scisto Rendena (SRE), roccia sicuramente con la più elevata anisotropia, la variazione misurata, diversamente da quanto ci si aspettasse, è stata solo di $0,2 \frac{Watt}{mK}$. Possibili motivi potrebbero essere la presenza di ben visibili fratture ortogonali alla scistosità a scala macroscopica e di strutture pieghettate (*crenulation cleavage*) visibili a scala microscopica che possono aver in qualche modo abbassato il valore di conducibilità (vedi Cap.7). La massima differenza è stata riscontrata nell'ignimbrite. Essa è probabilmente causata da due magmi a composizione differenti (Fig.5.1.3.2) o da fenocristalli orientati, entrambi presenti nel campione. Il basso valore di variazione riscontrato nella Dolomia Principale (DPR) e Leucoquarzodiorite della bassa Val di Genova (PPG) (la varietà di tonalite più foliata dell'area, vedi Cap.4.2.22.5) è causato probabilmente, come ci si aspettava, nella Dolomia per la potenza degli strati (10-15m) e la bassa anisotropia e nella Leucoquarzodiorite, invece, per l'alto contenuto di plagioclasio (cond. termica del plagioclasio $1,97 \frac{Watt}{mK}$). Per i campioni 5, 9, 14 e 22 si sono eseguite otto sezioni sottili per approfondire l'influenza dell'anisotropia: due per ogni campione, una in direzione verticale e una in direzione parallela (vedi Cap.7).

Se si osservano i risultati nella loro totalità, e considerando solo la direzione lungo il piano orizzontale, il campione con più alta conducibilità è risultato essere la Dolomia Principale con $4,9 \frac{Watt}{mK}$, seguito dal Calcare d'Angolo con 4,6 e $4,2 \frac{Watt}{mK}$ e dalla formazione di Breno con $4,2 \frac{Watt}{mK}$. Per valutare l'influenza della fratturazione del Calcare d'Angolo (ANG), sono stati prelevati due campioni, l'1 e il 2, ad una distanza di circa 200 m. Del campione 1 sono state prese due misure (1a e 1b), entrambe parallele alla stratificazione, ma in due facce differenti. Entrambe le facce presentano un'elevatissima fratturazione, ma in una delle due

questa era quasi completamente riempita da precipitazioni di calcite e dolomite (Fig.5.3.1.3), mentre la seconda presentava dei veri e propri vuoti (Fig.5.3.1.4). Il valore di conducibilità passa da 4,3 (faccia con precipitazioni) a $2,9 \frac{Watt}{mK}$ (faccia con fratture non riempite) come ci si poteva aspettare tenendo conto che il valore di conducibilità dell'aria è di $0,026 \frac{Watt}{mK}$. Il campione 2 (Fig.5.3.1.5), non presentando fratturazione, misura $4,6 \frac{Watt}{mK}$. Questo valore molto alto è attribuibile alla sua tessitura finissima (*mudstone*) nonché alla sua composizione mineralogica (cond. dolomite $5,51 \frac{Watt}{mK}$) come il campione 13 appartenente alla Formazione di Breno (BRE).

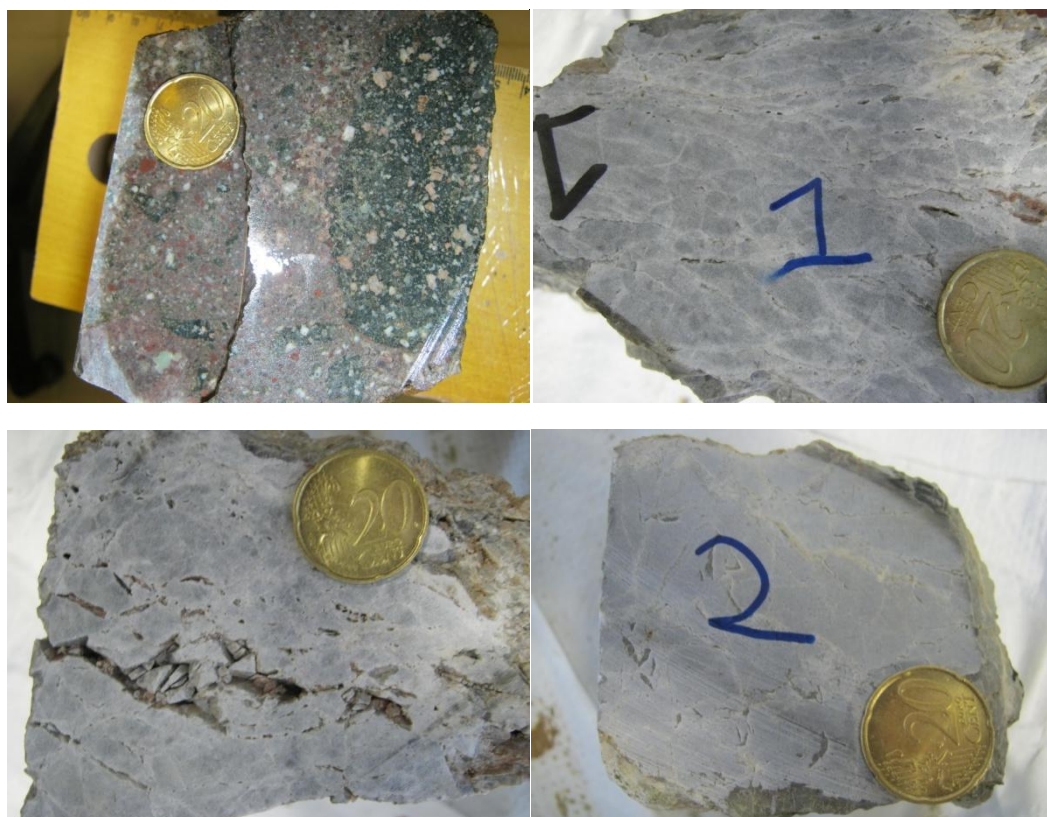


Fig.5.1.3.3-4-5: Campione 9 (IMP) nel quel si possono notare due fusi differenti; campione 1 (ANG) con fratture riempite; Campione 1 (ANG) con vuoti/fratture non riempite; campione 2 (ANG) compatto.

Dalla tabella si può notare l'elevata conducibilità dell'Arenaria della Val Gardena (GAR) ($3,7 \frac{Watt}{mK}$) e del Verrucano Lombardo (VER) ($3 \frac{Watt}{mK}$). Tale risultanze

sono in disaccordo con i risultati bibliografici. Questi alti valori sono causati probabilmente dall'elevata densità dei campioni e dal ricco contenuto mineralogico. Il campione 11 (GAR) presenta precipitazioni di quarzo in fratture (cond. termica del quarzo $7,69 \frac{Watt}{mK}$). Nel campione 10 (VER) si è riscontrata la presenza di quarziti e clasti quarziferi che Trevisan (1939) indica come "anageniti".

Per i plutoni del Batolite dell'Adamello (campioni 20, 21, 22, 23) si osserva un *range* che va da 2,1 a $2,4 \frac{Watt}{mK}$, mentre per il plutone del Doss del Sabion (campioni 6 e 7) il *range* varia da 2,3 a $2,5 \frac{Watt}{mK}$. In entrambi i casi i valori bibliografici risultano più elevati e si ipotizza pertanto che i campioni raccolti possiedano una percentuale feldspatica proporzionalmente maggiore rispetto a quella quarzosa. Il campione 6 (GMS₁), che con $2,5 \frac{Watt}{mK}$ ha il valore più alto riscontrato nei plutoni, presenta una struttura a macrocristalli (pegmatitica) e probabilmente questo fattore potrebbe aver alzato il valore di conducibilità.

Le rocce effusive (campioni 8 e 9) presentano conducibilità concordanti con la bibliografia.

I campioni rimanenti sono compresi in un *range* da $2,5 \frac{Watt}{mK}$ per la formazione di Werfen ai $3,2 \frac{Watt}{mK}$ per il Membro del Bregna da L'Ors (VAG₁). Questa differenza è data molto probabilmente dal diverso contenuto terrigeno, di carbonato e di dolomia.

I sedimenti presentano anch'essi valori concordanti con la bibliografia e, come c'era da aspettarsi, il sedimento più antico mostra una conducibilità termica più elevata.

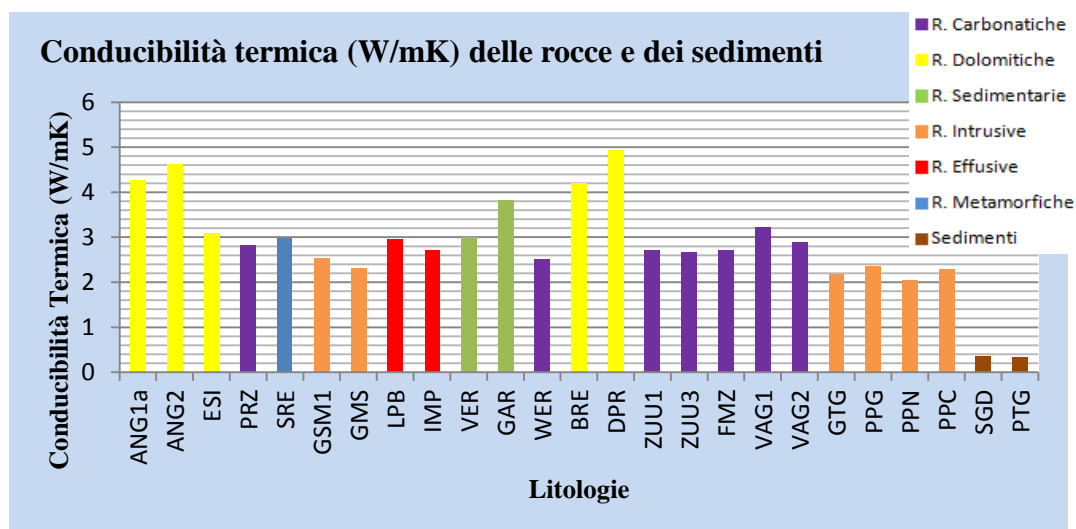


Fig.5.1.3.1: In Asse y i valori di conducibilità termica (W/mK) ottenuti in laboratorio (solo lato parallelo). In Asse x i codici cartografici delle litologie e dei sedimenti campionati. Essi sono divisi a seconda del colore in base alle caratteristiche mineralogiche: in giallo le dolomie o i calcari fortemente dolomitici, in viola i calcari/calcari marnosi, in verde le rocce sedimentarie clastiche, in arancione le rocce intrusive, in rosse le rocce effusive, in azzurro le metamorfiche e in marrone i sedimenti.

Per confrontare i risultati ottenuti non solo con la bibliografia è stata eseguita un'analisi modale delle fasi mineralogiche sulle sezioni sottili (vedi Cap.7) di un campione, il 21. A tal fine al normale microscopio petrografico in trasmissione a luce polarizzata è stato applicato un tavolino traslatore con un passo di campionamento di 2mm, vista la dimensione dei minerali. Calcolate le percentuali successivamente queste sono state moltiplicate per i valori di conducibilità termica ricavate dal lavoro di Clauser & Huegens (1995).

Di seguito riporto i valori ottenuti:

Campione 21 sezione parallela:

- plagioclasio: 35,25%
- quarzo: 32,37%
- biotite: 26,98%
- sericite: 3,23%
- clorite: 1,80%
- minerali opachi: 0,36%

Inserendo i valori di conducibilità termica di ogni minerale ottenuti da Clauser & Huegens (1995) è stato ottenuto il risultato di $2,557 \frac{Watt}{mK}$.

Campione 21 sezione ortogonale:

- plagioclasio: 42,25%
- quarzo: 35,8%
- biotite: 21,62%
- sericite: 0,33%

Inserendo i valori di conducibilità termica di ogni minerale ottenuti da Clauser & Huegens (1995) è stato ottenuto il risultato di $2,541 \frac{Watt}{mK}$.

Come è possibile notare dai risultati il valore di conducibilità termica misurato con questo metodo risulta essere più elevato di quello misurato in laboratorio e meno dissimile. Questo a causa sicuramente del fatto che con l'analisi modale non tengo conto dei vuoti presenti (porosità) nella roccia (conducibilità aria = $0,026 \frac{Watt}{mK}$). Per un'analisi più completa quindi bisognerebbe sottrarre il valore di porosità della roccia. Altro fattore che mi condiziona il risultato è che il valore di conducibilità dei minerali è differente a seconda dell'orientazione dell'asse, cosa non ricavabile quindi con un'analisi modale così speditiva. Sarebbe quindi interessante oltre al valore di porosità ricavare le orientazioni dei minerali con uno studio più approfondito.

5.2 Studio termoclimatico

Come precedentemente descritto (Cap.2), la temperatura dell'aria è uno dei parametri fondamentali per le applicazioni geotermiche. Nel lavoro di Baldassari Giada (2011) e di Viesi Diego (2011) è indicata la temperatura media annua dell'aria funzione della quota. Gli autori hanno utilizzato i dati forniti dalle stazioni metereologiche di Meteotrentino per calcolare le temperature medie dell'aria. Per ogni stazione sono disponibili i dati di quota, le coordinate, le medie minime, massime e totali di temperatura.

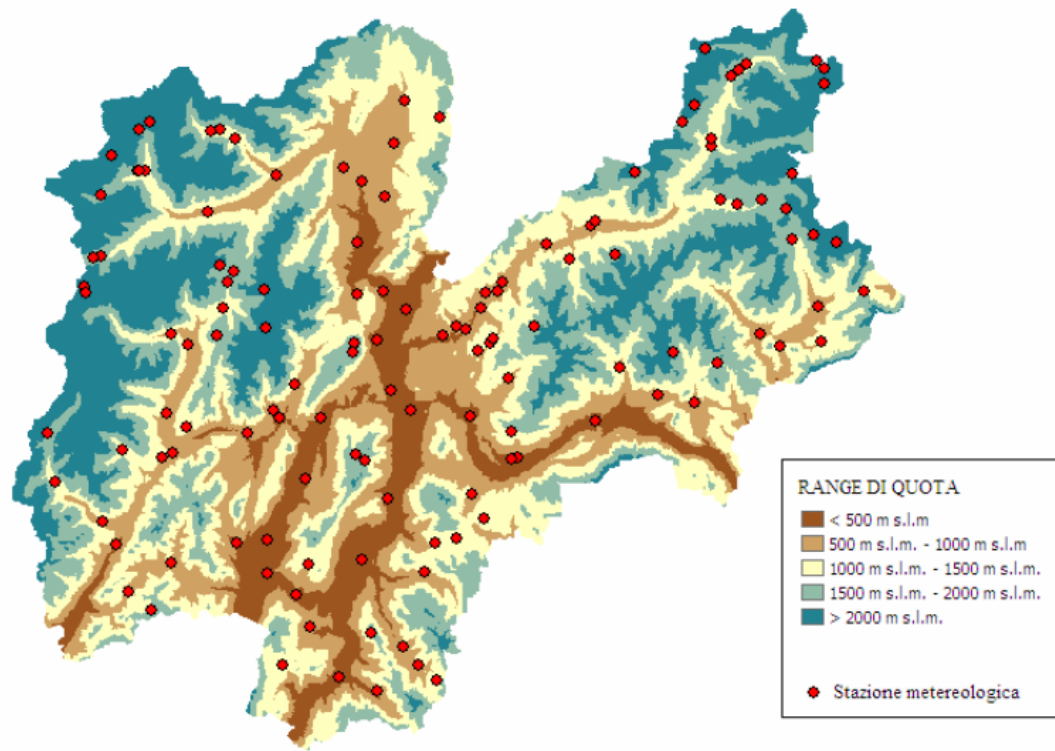


Fig.5.2.1: Posizione delle stazioni metereologiche in Provincia di Trento gestite da Meteotrentino (Baldassari 2011)

Gli autori hanno quindi individuato una linea di tendenza dopo aver messo in carta le stazioni metereologiche e creato un grafico per i dati di temperatura in funzione della quota. Successivamente hanno sostituito il valore del DTM provinciale al posto della variabile di quota dell'equazione della linea di tendenza trovata e mediante *Arcmap* con la funzione di *Spatial analyst - Raster calculator*

hanno creato una mappa di temperatura media annua dell'aria della Provincia di Trento (Fig.5.2.2).

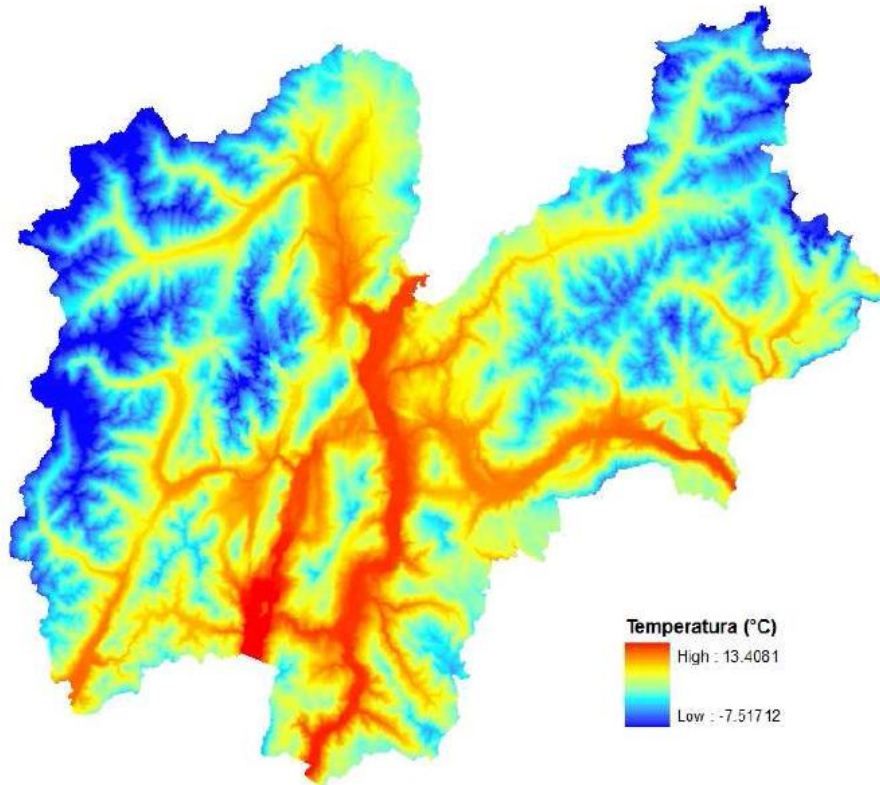


Fig.5.2.2: Carta della distribuzione delle temperature medie annue dell'aria della Provincia di Trento (Viesi 2011)

In questo lavoro di tesi è stata utilizzata la relazione di Claps et al (2003) e i risultati ottenuti sono stati confrontati con quelli ottenuti da Viesi e Baldassari (Cap.6).

La relazione di Claps si presenta come:

$$T_a = 39.39 - 0.0053Z - 0.5739Lat + 0.1375 \cdot I_{top10} + 0.011MARE_MEDGEO + 0.068ESPEA + e_{reg}$$

dove T_a è la temperatura media annua, Z è la quota, Lat è la latitudine, I_{top10} è l'indice topografico, $MARE_MEDGEO$ è la distanza dal mare, $ESPSEA$ correla la

distanza del mare con le correnti atmosferiche e e_{reg} è la componente correttiva dei residui.

L'elevazione (Z) si è ricavata grazie al DTM provinciale.

La latitudine (Lat) si è ricavata sempre a partire dal DTM. Il DTM è stato trasformato mediante il toolbox *Conversion-From Raster To Point* di Arcmap. Successivamente si è calcolato il punto centrale di ogni cella e si è passati in gradi con la funzione *Calculate Geometry* applicabile nell'*Attribut table* del nuovo file creato in precedenza. Infine è stato eseguito il passaggio inverso "From Point To Raster" e si è ottenuto così un raster con la latitudine.

L'indice topografico (I_{top10}) definisce quantitativamente la concavità del territorio. Questa variabile permette di individuare le località allocate all'interno di valli o conche che possono influenzare notevolmente il regime termometrico. Le stazioni ad elevato I_{top10} sono localizzate nelle strette vallate alpine, come è il caso dell'area di studio. La relazione da cui si ricava l' I_{top10} è:

$$I_{top10} = \sqrt[8]{\left(\prod_{i=1}^8 10^{2tg\alpha}\right)}$$

Nel lavoro di Claps et al (2003) vengono forniti valori di I_{top10} di stazioni meteo ricadenti nella Provincia di Trento. Questi valori sono stati mediati per ottenere l'indice medio di concavità del Trentino. Le stazioni presenti sono indicate in Fig.5.2.3.

| Stazioni | I_{top10} |
|----------------|-------------|
| Predazzo | 2.554 |
| Peio | 3.511 |
| Riva del Garda | 3.018 |
| Mezzolombardo | 3.103 |
| Imèr | 3.067 |
| Media Totale | 3.051 |

Fig.5.2.3: Tabella con i valori di I_{top10} delle stazioni in Provincia di Trento disponibili nel lavoro di Claps et al (2003)

La variabile *MARE_MEDGEO* è calcolata come media geometrica della distanza dal mare nelle otto direzioni cardinali e fornisce quindi un indice di continentalità. Tale variabile nel lavoro di tesi non è stata presa in considerazione vista la notevole distanza dal mare dell'area di studio.

La variabile *ESPSEA* prende in considerazione l'effetto della vicinanza del mare e l'esposizione alle correnti atmosferiche. Nel lavoro di Claps et al sono state riscontrate apprezzabili differenze di questo parametro nelle stazioni ioniche-tirreniche-adriatiche. Anche questo parametro non è stato considerato.

Il valore correttivo (e_{reg}) è stato calcolato mediante la regolarizzazione dei residui tramite *Kriging*. Questo parametro è stato calcolato da Claps et al per riconoscere strutture di organizzazione spaziale della temperatura media riconducibili a criteri geografici sviluppati in successive modifiche all'interno della relazione iniziale. Claps ha ottenuto un gradiente termico di 1°C per ogni 190 m di quota e di 0.57 per ogni grado di latitudine.

Una volta calcolati tutti i parametri necessari essi sono stati inseriti nel *Toolbox Spatial AnalystTools - Map Algebra - Raster Calculator* ottenendo il risultato in Fig.6.2 e 6.3.

5.3 Analisi Termochimica delle sorgenti

5.3.1 Caratterizzazione termica

Nell'area di studio sono presenti 732 sorgenti. Per alcune di queste sono disponibili dati di temperatura e dati chimici raccolti nel corso degli anni.

Nei seguenti grafici e mappe vengono riportate l'ubicazione delle sorgenti nell'area e indicata la variabilità termica delle stesse durante l'anno. A tal fine è stato utilizzato il *software Matlab* per l'elaborazione numerica dei dati e la realizzazione di grafici. Ci si è quindi poi focalizzati su alcune sorgenti in possesso di una maggiore quantità di dati.

Sono stati creati vari grafici che recano sempre in ordinata la temperatura mentre in ascissa recano o le sorgenti (codici identificativi) oppure i mesi dell'anno. I grafici IDsorgente-temperatura indicano, oltre che una distribuzione per temperatura, anche una differenziazione per stagione identificata del giorno di prelievo del dato. Nei grafici sono presenti diversi colori identificativi di ciascuna stagione e simboli. Questi ultimi sono utilizzati per tener conto di temperature acquisite in periodi diversi ma aventi la stessa misura poiché, in caso di sovrapposizione dei dati, il grafico sarebbe stato meno dettagliato e meno leggibile. Nella seguente figura si nota la distribuzione delle sorgenti nell'area (732) (Fig.5.3.1.1-2).

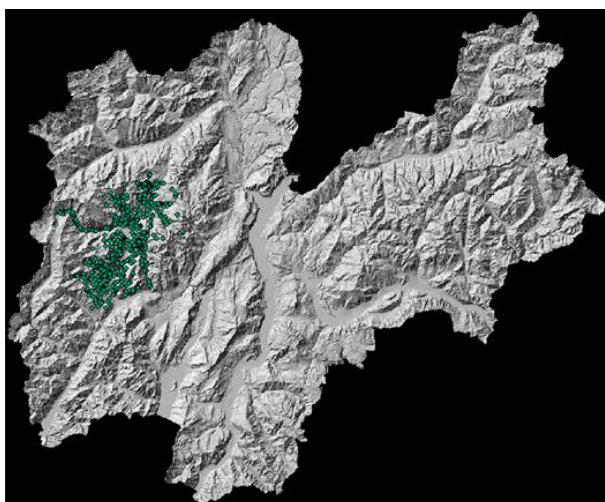


Fig.5.3.1.1: Posizione dell'area di studio rispetto al Trentino e sua distribuzione areale (DTM PAT)

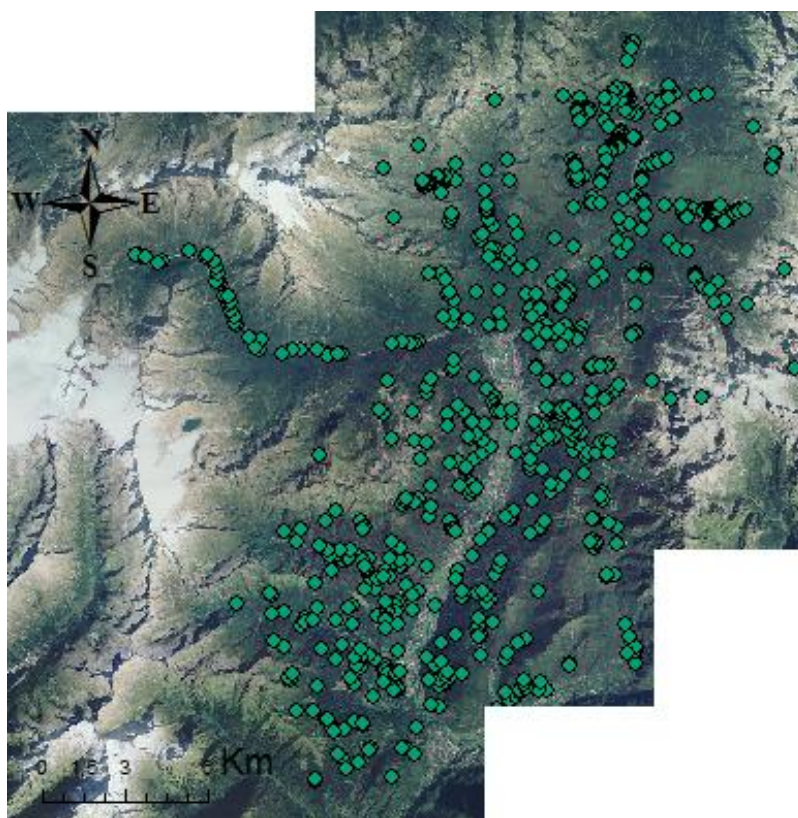


Fig.5.3.1.2: Posizione delle sorgenti dell'area di studio (732), Ortofoto 2006 PAT.

Non sono disponibili dati di temperatura per tutte le 732 sorgenti. È disponibile almeno un dato di temperatura per 196 sorgenti e almeno due dati di temperatura per 130 di queste. I dati riferibili alle 196 sorgenti hanno una validità discutibile visto che essi sono stati acquisiti in un intervallo temporale di vent'anni e in stagioni diverse. Le temperature delle sorgenti sono comprese in un *range* che va da 12,4°C (9935), a 1,5°C (9942), mentre la temperatura media è di 6,46 °C (dato puramente indicativo).

Si è deciso di creare due primi grafici indicativi della temperatura media delle 130 sorgenti dell'area con almeno due dati di temperatura. Per fare ciò i dati storici sono stati considerati come appartenenti a uno stesso anno, ipotizzando quindi che tra gli anni non vi siano stati cambiamenti climatici. Giorno e mese delle effettive rilevazioni sono state quindi tutte attribuiti a tale ipotetico anno al fine di ricavarne per ricavare l'andamento stagionale.

Qui di seguito è riportata la posizione di queste 130 sorgenti (Fig.5.3.1.3) e i grafici ottenuti (Fig.5.3.1.4-5)

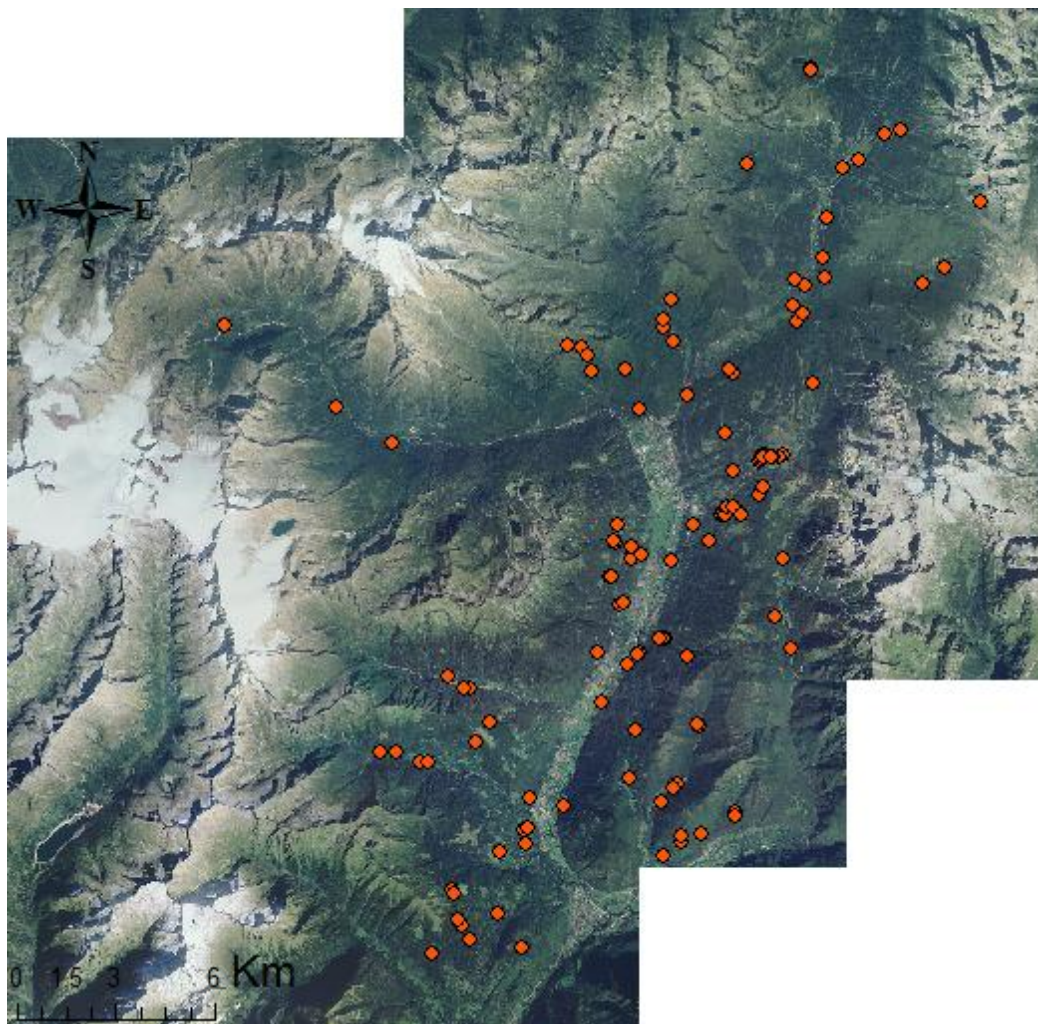


Fig.5.3.1.3:Posizione in mappa delle sorgenti analizzate (130) con ausilio di Ortofoto 2006 PAT.

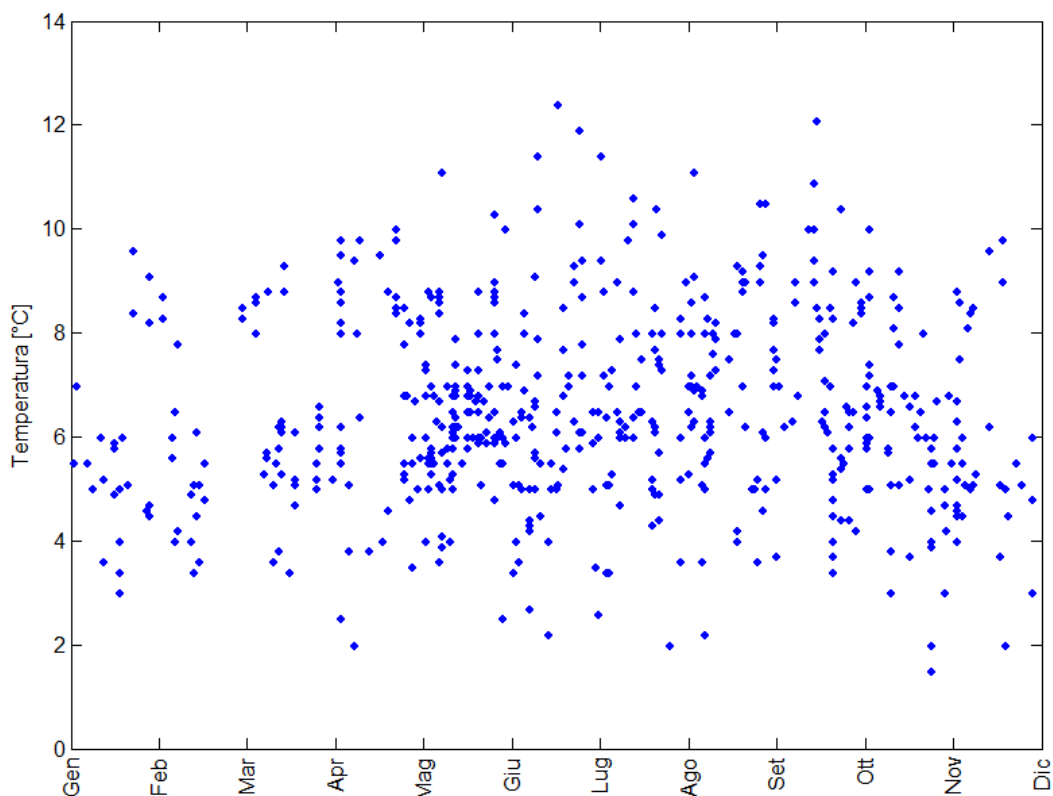


Fig.5.3.1.4 Distribuzione della temperatura delle 130 sorgenti durante i vari mesi dell'anno. In ascissa vi è la temperatura e in ordinata i mesi dell'anno. Il rombo blu identifica una singola sorgente

Da questo primo grafico si evince la distribuzione delle temperature delle acque nei vari mesi di rilevazione. La maggior concentrazioni delle analisi effettuate ricade tra aprile e giugno.

Nel grafico di Fig. 5.3.1.5 è stata scelta una codifica lineare per le sorgenti per migliorarne la chiarezza espositiva, visto che se si fosse usato direttamente il codice identificativo il grafico sarebbe risultato poco leggibile (vedi Allegato 1).

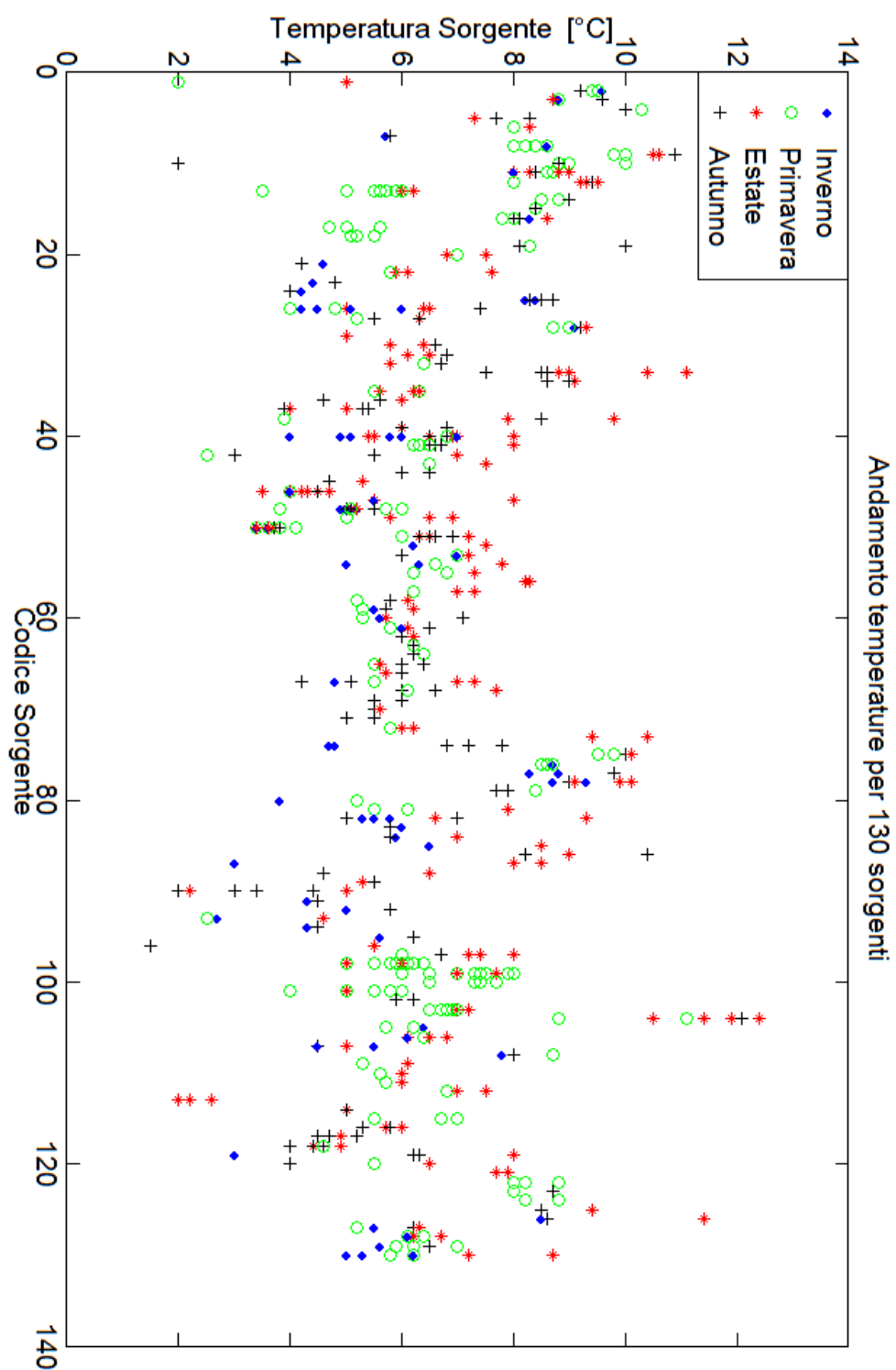


Fig.5.3.1.5: Andamento delle temperature delle singole sorgenti con differenziazione stagionale a seconda della data di prelievo. Al grafico è associata una tabella presente nell'Allegato 1 dove si può vedere la corrispondenza tra i codici sorgenti e i codici presenti nell'asse x (es.: 1=4538, 2=4620...)

Nel grafico di Fig.5.3.1.5 si nota una maggiore concentrazione di dati nel periodo estivo e primaverile e valori di temperatura più bassi per più di una sorgente nella stagione estiva (temperatura dell'aria più elevata) rispetto alle altre stagioni (temperature dell'aria più basse).

Successivamente, per rendere l'analisi più significativa e graficamente più comprensibile si è deciso di eseguire lo stesso tipo di grafico utilizzando soltanto le 41 sorgenti in possesso di almeno cinque dati di temperatura

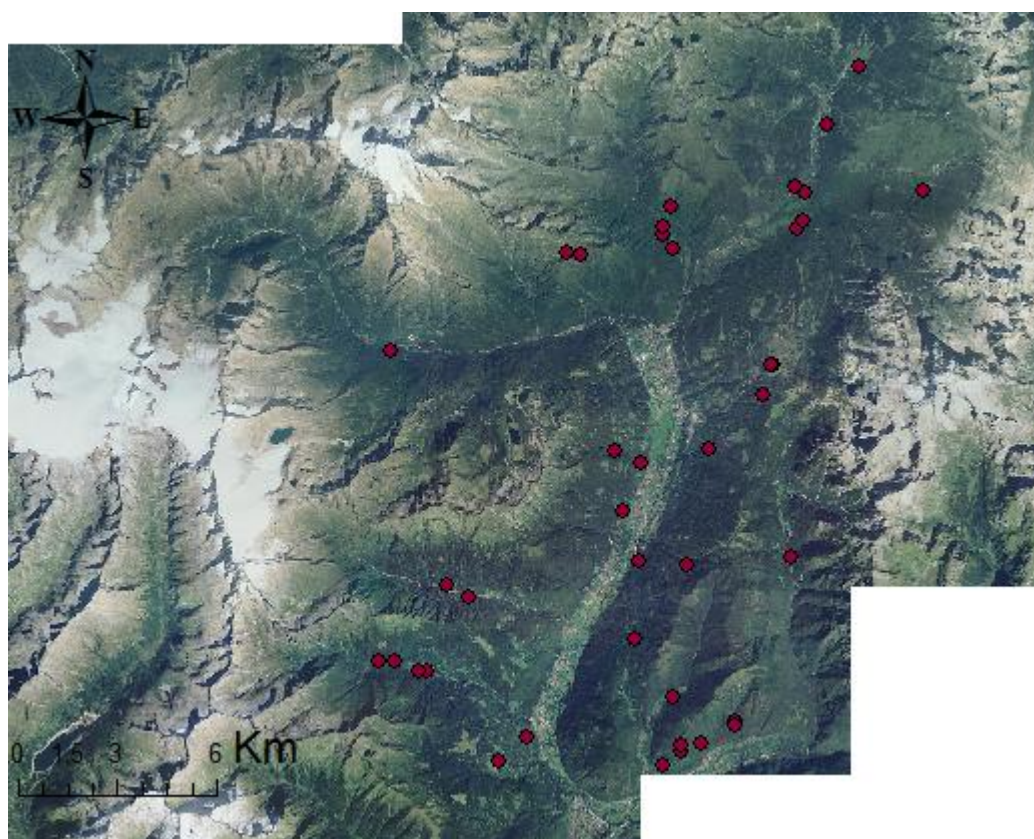


Fig.5.3.1.6: Posizione in mappa con ausilio di Ortofoto (2006 PAT) delle sorgenti con almeno 5 dati di temperatura (41).

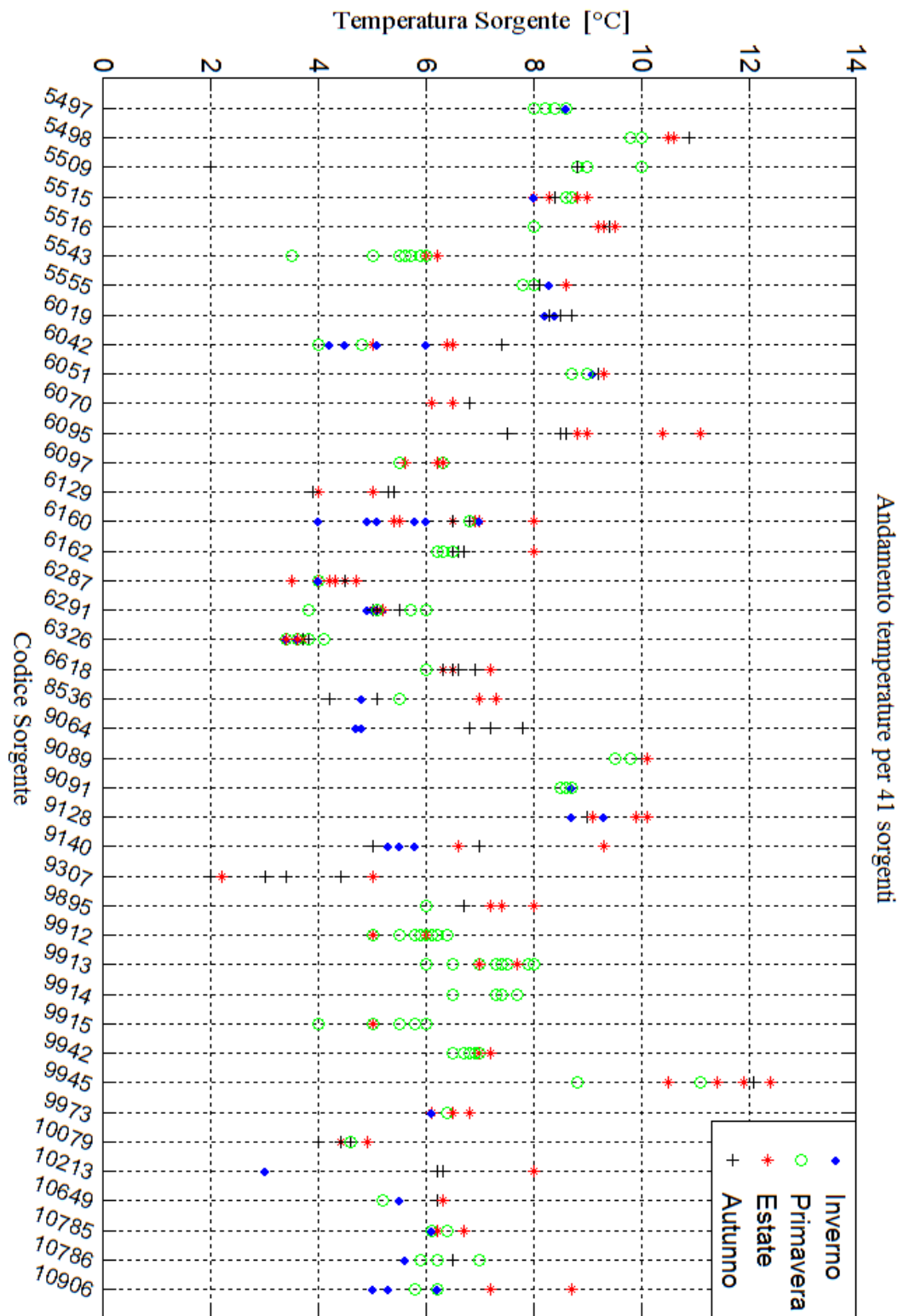


Fig.5.3.1.7: Andamento delle temperature delle singole sorgenti (45) con differenziazione stagionale a seconda della data di prelievo. In asse y le temperature e in x le sorgenti (codici identificativi)

Dal grafico precedente si possono già apprezzare alcune caratteristiche di stagionalità. Si nota inoltre che alcune sorgenti (5498,8291...) possiedono temperature più elevate in autunno o primavera rispetto all'estate. Un simile andamento potrebbe essere dovuto al fatto che in realtà dati sono stati acquisiti in anni diversi, oppure a causa dei tempi di residenza e la profondità del sistema di circolazione.

Successivamente, per evidenziare ancora meglio l'influenza della stagionalità, si è creato un grafico riferito alle sole 10 sorgenti con più di dieci punti di temperatura (Fig.5.3.1.9).

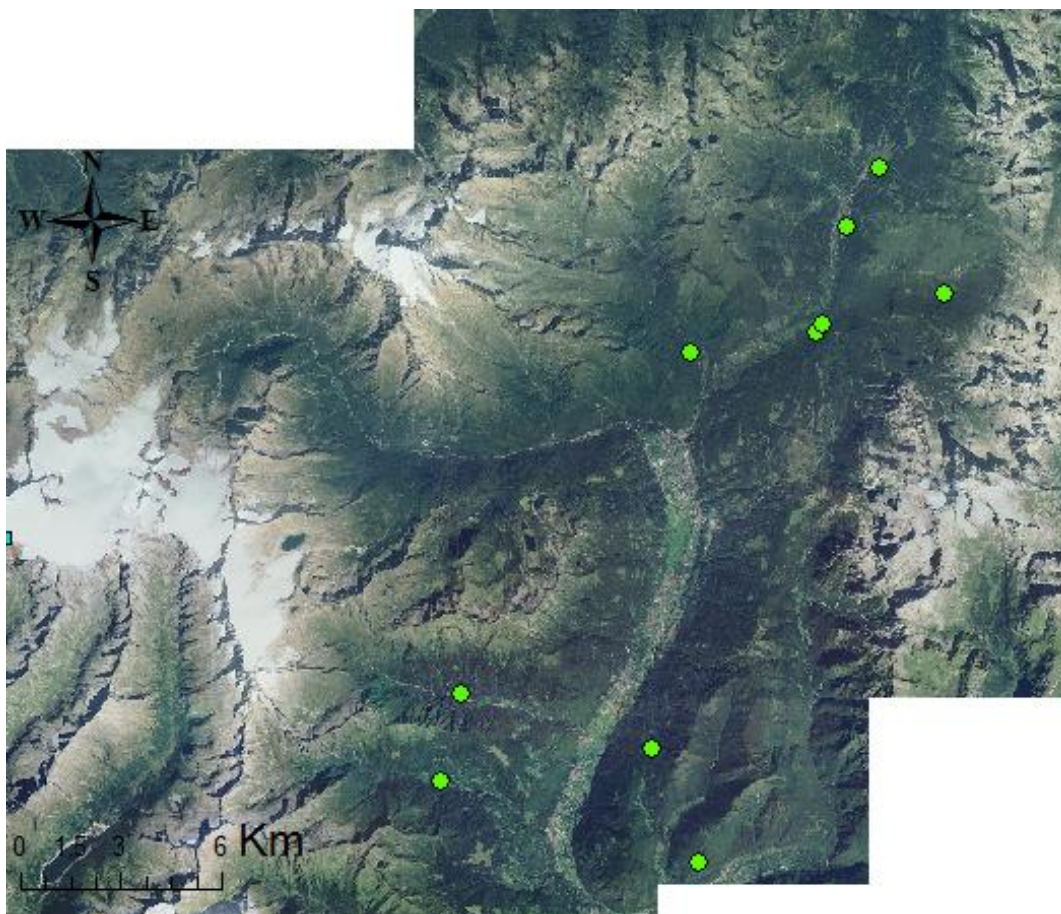


Fig.5.3.1.8: Posizione in mappa con ausilio di DTM e Ortofoto 2006 (PAT) delle sorgenti con almeno 10 dati di temperatura (10).

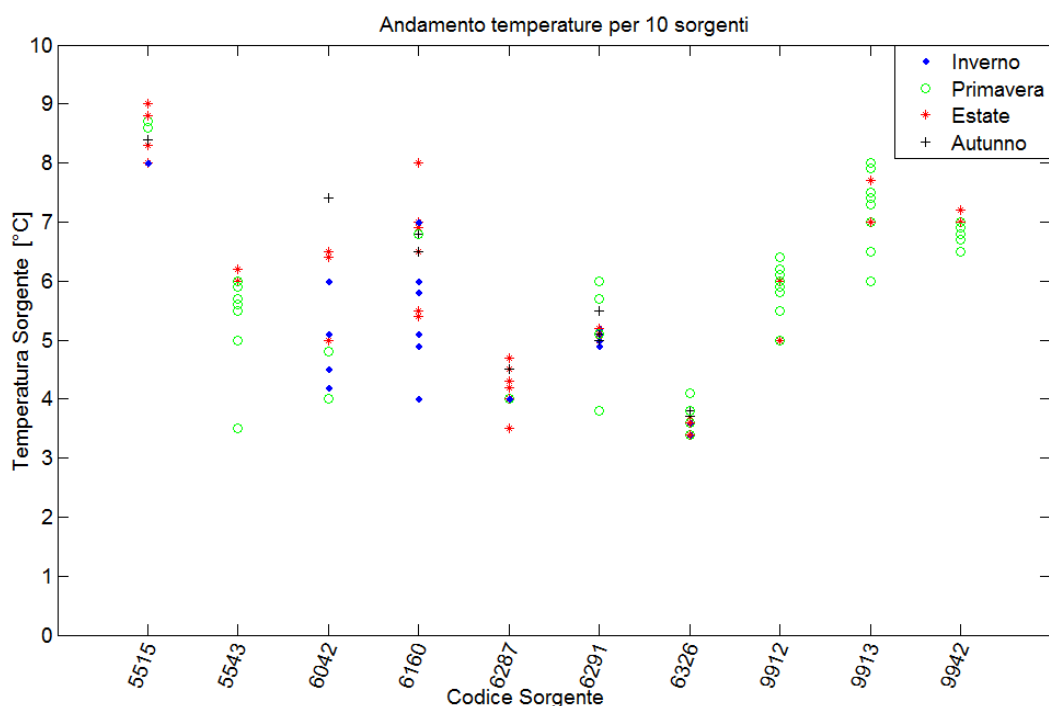


Fig.5.3.1.9: Andamento delle temperature delle sorgenti con almeno dieci dati di temperatura (10) con differenziazione stagionale a seconda della data di prelievo. In asse y le temperature e in x le sorgenti (codici identificativi)

Nel grafico precedente si può notare (Fig.5.3.1.9) che i dati temporali per alcune di queste sorgenti, pur essendo numerosi, sono tuttavia concentrati in primavera. Non è stato quindi possibile eseguire una analisi di stagionalità per queste 10 sorgenti visto che non è presente in tutte almeno un dato per ogni stagione. Per ovviare a questo problema sono state individuate e analizzate solo quelle sorgenti che hanno dati per ogni stagione (selezione eseguita con il grafico in Fig.5.3.1.7).

Codici identificativi delle sorgenti con almeno con almeno un dato per stagione:

| | | | | | | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 5515 | 5555 | 6042 | 6160 | 6287 | 8536 | 10649 | 10906 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|

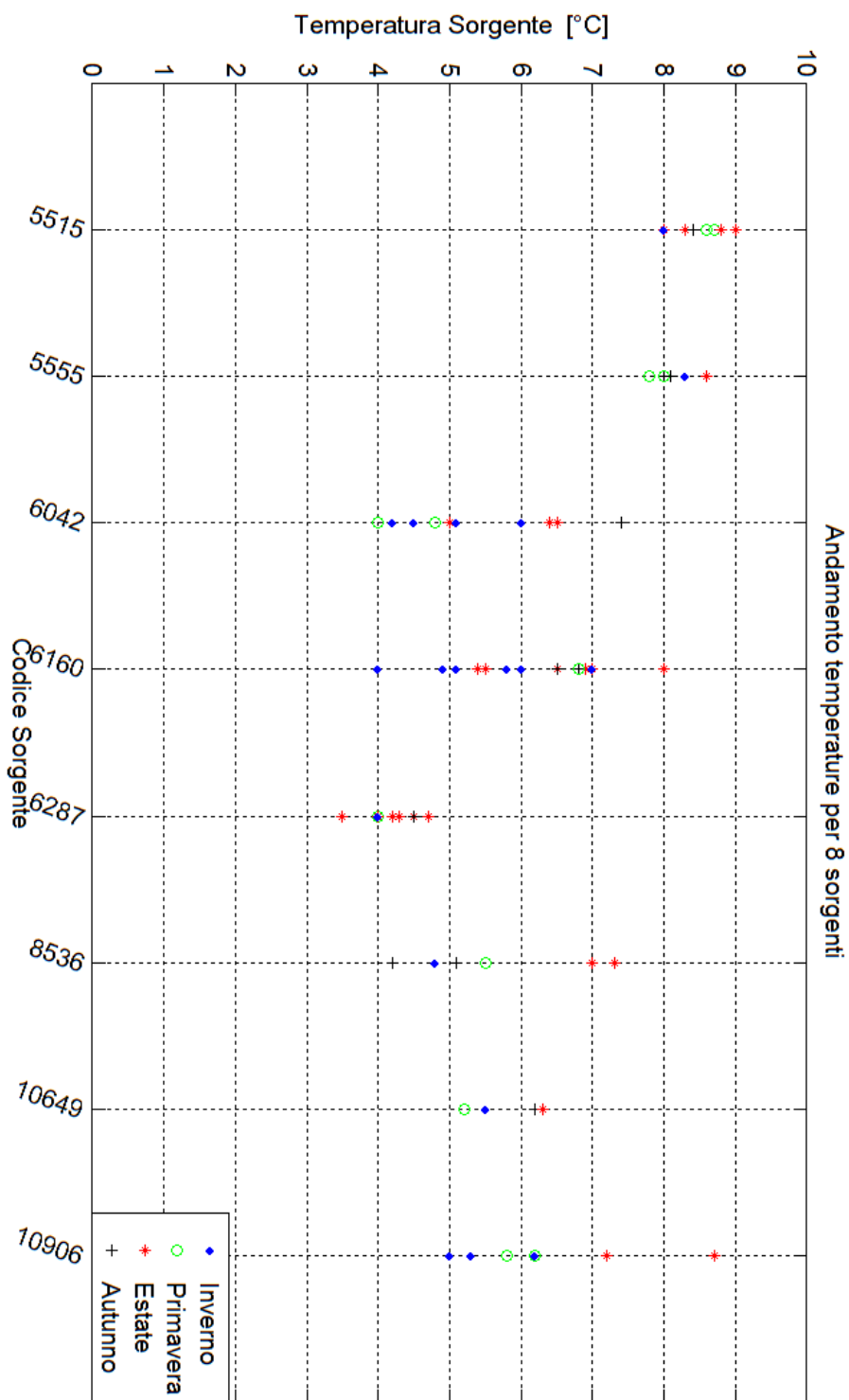


Fig.5.3.1.10: Andamento delle temperature delle singole sorgenti (8) con differenziazione stagionale a seconda della data di prelievo. In asse y le temperature e in asse x le sorgenti (codici identificativi)

Grazie a un *fit* polinomiale di grado sufficientemente elevato (5°) eseguito con *Matlab* è stato ricostruito l'andamento della temperatura durante l'anno di queste 8 sorgenti. Ogni sorgente è individuata da un diverso colore su un grafico dove in y vi è la temperatura e in x i mesi (Fig.5.3.1.11). Per evidenziare l'andamento stagionale, basandosi su una media delle temperature annuali stimata a partire da dati storici presi in diverse stagioni ed in diversi anni (ipotizzando che siano state prese tutte lo stesso anno e quindi ignorando le variazioni climatiche tra un anno e l'altro), i dati di un anno sono stati replicati (vettorialmente) in modo da costruire un andamento periodico su più anni ed è stato eseguito il *fit*. Viene mostrata nel grafico solo la "finestra" di un anno (essendo infatti tutti gli anni uguali).

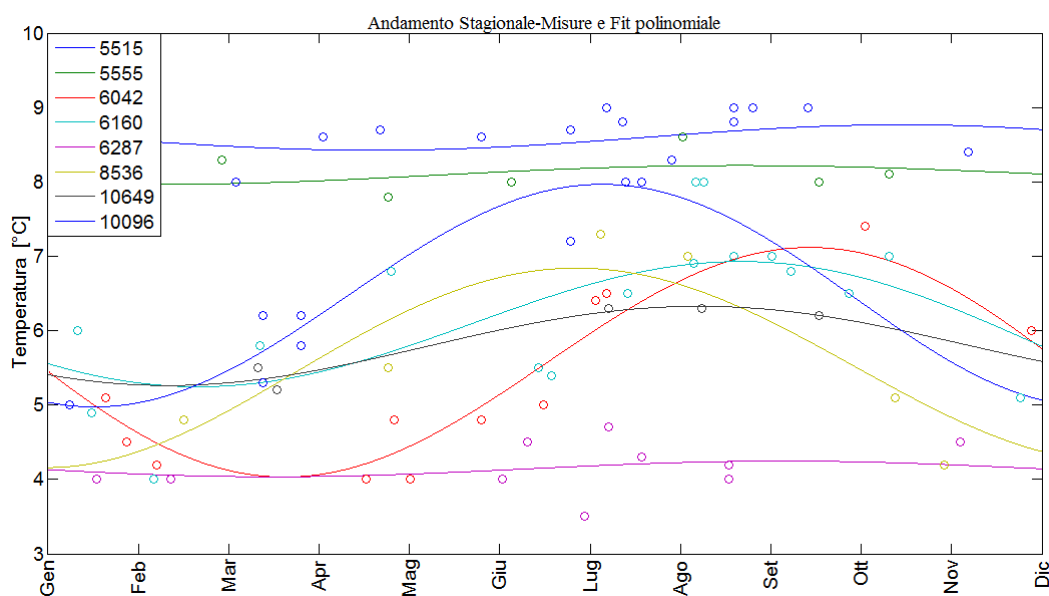


Fig.5.3.1.11: In asse y la temperatura e in asse x i mesi dell'anno. Ad ogni colore è associata una sorgente (8) scelta per la distribuzione temporale dei dati (almeno uno per ogni stagione). Le linee sono il risultato di interpolazioni polinomiali per evidenziare la stagionalità delle acque, mentre i punti sono i singoli dati di temperatura.

Le sorgenti che hanno un andamento della temperatura relativamente costante appariranno nel *fit* polinomiale con un andamento tendenzialmente orizzontale lungo tutto l'anno. Al contrario le sorgenti con un andamento delle temperature stagionale appariranno nel *fit* con un andamento sinusoidale.

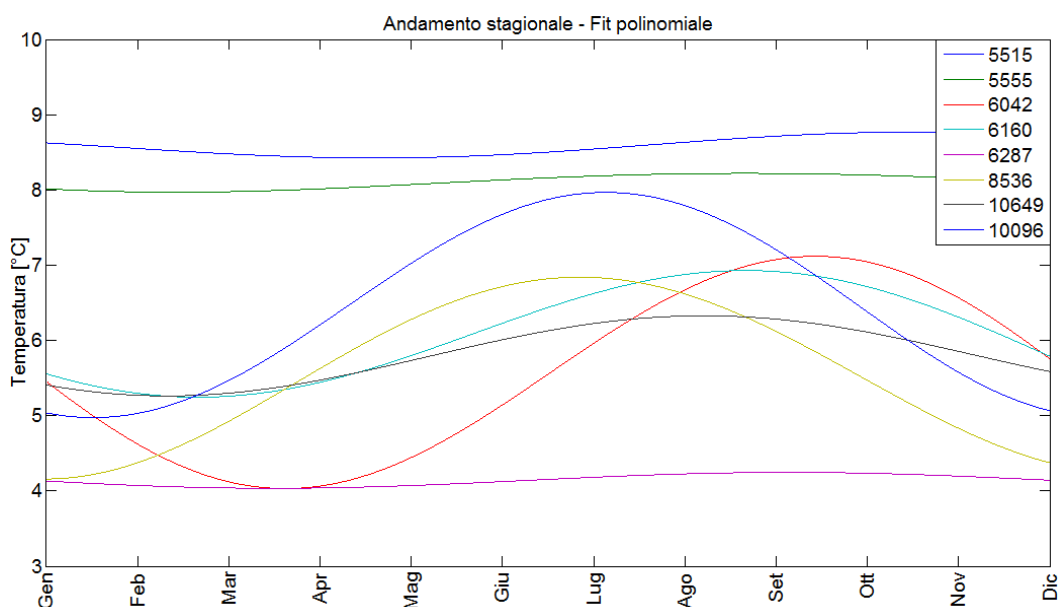


Fig.5.3.1.12: : In y la temperatura e in x i mesi dell'anno. Ad ogni colore è associata una sorgente (8) scelta per la distribuzione temporale dei dati (almeno uno per ogni stagione). Le linee sono il risultato di interpolazioni polinomiali per evidenziare la stagionalità delle acque.

La scarsità dei dati per il complesso delle sorgenti presenti nell'area non consente un'analisi statistica significativa. Dai dati in possesso si può evidenziare una certa stagionalità, con variazioni di temperatura che sembrerebbero essere inferiori a 3°C. Sembrerebbe dall'andamento che le sorgenti 5515, 5555 e 6287 abbiano una circolazione profonda. Interessante il comportamento stagionale della 6042, spostato rispetto alla temperatura media dell'aria di almeno due mesi, riferibile a un moto di circolazione con ricariche superficiali molto lento. Le rimanenti sorgenti presentano una stagionalità riconducibile alle temperature medie dell'aria sintomo di una circolazione più superficiale.

La presenza di parecchie sorgenti con acque a temperature vicine o superiori ai 10°C (vedi Fig.6.3) potenzialmente durante tutto l'anno potrebbe consentire ottime soluzioni impiantistiche visto che le temperature invernali dell'aria sono molto rigide (vedi Fig.6.2).

Il Servizio Geologico della Provincia di Trento ha pubblicato una carta delle falde idriche superficiali (Fig.5.3.1.12-13), dove sono state compiute rilevazioni delle

temperature dell'acqua di falda in due distinte fasi per verificarne la stagionalità. Le rilevazioni sono state effettuate nell'autunno 2011 e nella primavera 2012 in un arco temporale non superiore ai 30 giorni per garantire la maggior uniformità possibile dei valori.

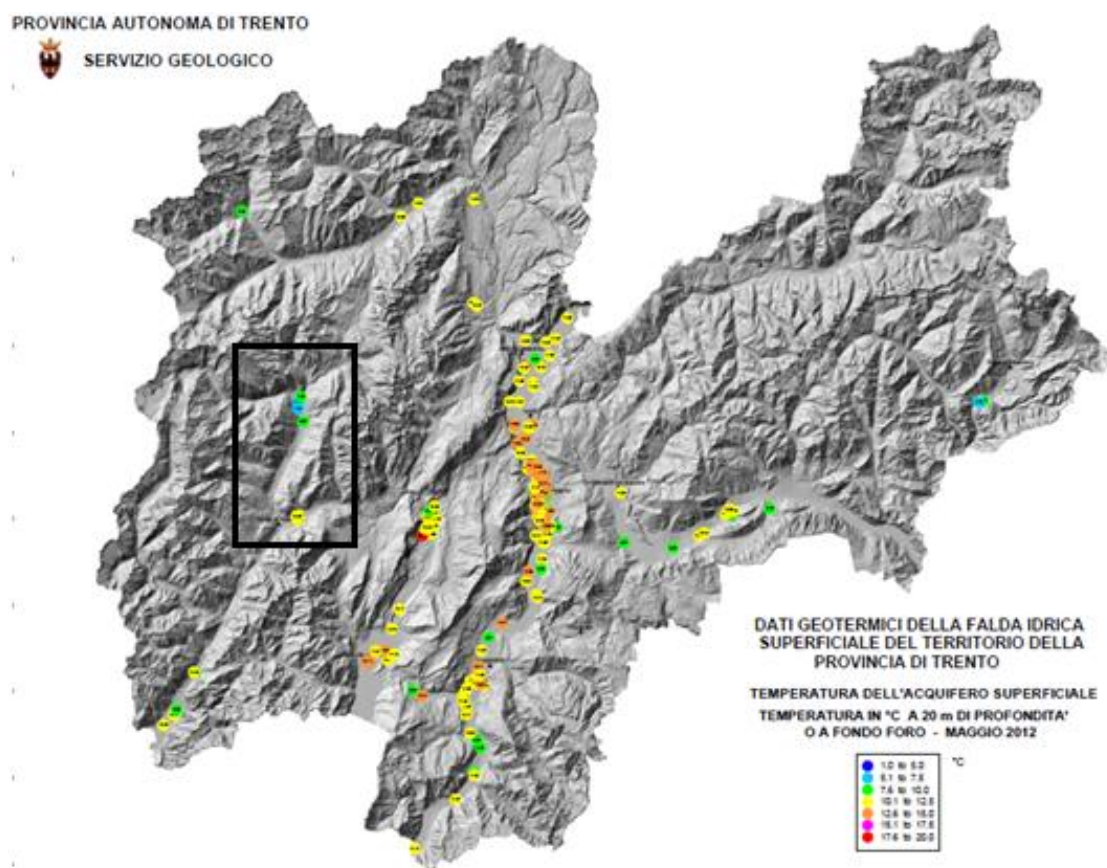


Fig.5.3.1.12-13: Carta provinciale dei “Dati geotermici della falda idrica superficiale del territorio della provincia di Trento e zoom nell’area di studio” (PAT)

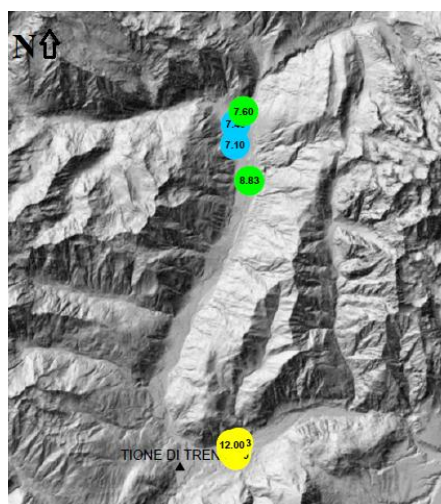


Fig.5.3.1. 13: Zoom nell'area di studio della "Carta provinciale dei "Dati geotermici della falda idrica superficiale del territorio della provincia di Trento"(PAT)

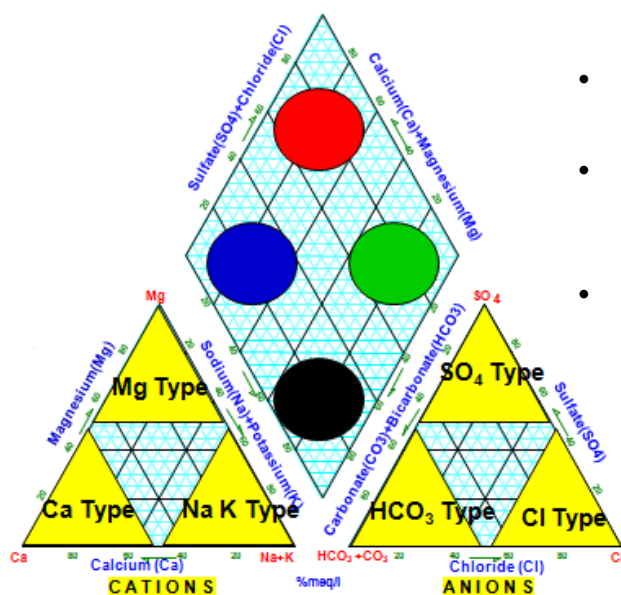
È interessante osservare che i dati ottenuti nella recente rilevazione del Servizio Geologico della Provincia, che indicano temperature di falda alla profondità di 20m comprese tra 7,10 a 8,83°C a Nord e da 10 a 12 a Sud, sembrerebbero del tutto compatibili coi dati risultanti dall'interpolazione illustrata in questo capitolo e messi in mappa in Fig 6.3.

5.3.2 Caratterizzazione chimica

Oltre all'analisi della temperatura (Cap.5.3.1), si è effettuata anche un'analisi geochimica delle sorgenti mediante diagrammi *Piper*, *Shoeller* e *Pie*. A tal fine, una volta organizzati i dati grazie a *Matlab*, si è utilizzato il software *Aquachem* per il plot dei diagrammi. Sono state considerate soltanto le 88 sorgenti per cui sono attualmente disponibili i dati relativi al contenuto di Ca, Na, K, Mg, Cl, SO₄, HCO₃. Nei diagrammi sono stati indicati i dati relativi a 144 analisi (per le 88 sorgenti) posto che per alcune sorgenti è disponibile più di una serie di dati chimici. Ciò ha comportato la ripetizione di alcuni simboli.

I diagrammi di *Piper* sono uno degli strumenti più utilizzati per la caratterizzazione geochimica delle acque. Essi mostrano le concentrazioni delle specie chimiche maggiori espresse come percentuali sulla composizione ionica. Il

diagramma è composto da due triangoli e da un rombo (Fig.5.3.2.1). Nel primo triangolo sono rappresentati i cationi, nel secondo gli anioni e nel rombo centrale la distribuzione di anioni e cationi su assi differenti. I cationi e gli anioni sono plottati sui due triangoli come percentuali.



- **acque Ca-SO₄**: tipiche di acque in substrati gessosi
- **acque Ca-HCO₃**: tipiche di falde poco profonde non saline e di substrati carbonatici
- **acque Na-HCO₃**: tipiche di acque sotterranee non saline più profonde, influenzate da processi di scambio ionico
- **acque Na-Cl**: tipiche di acque marine e di acque sotterranee profonde, antiche e saline

Fig.5.3.2.1: Diagramma di Piper in “facies idrogeochimiche” (Nimis, appunti di lezione)

A seconda di come questi si distribuiscono nel rombo si può intuire la possibile facies idrogeochimica.

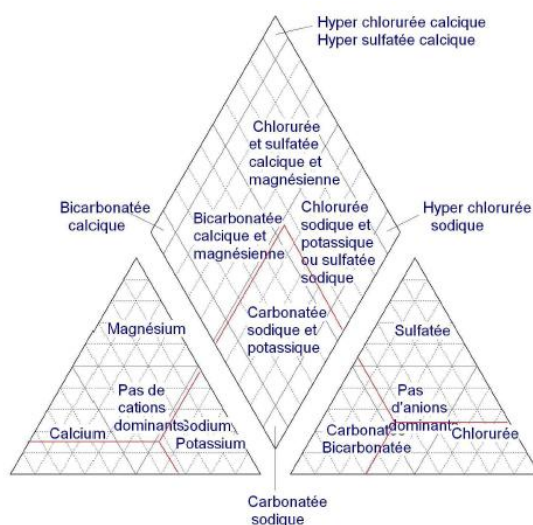


Fig.5.3.2.3: Classi idrogeochimiche del nel diagramma di Piper (Lavader 2006)

Nella Fig. 5.3.2.2 si nota la distribuzione nell'area delle sorgenti complete di dati (88).

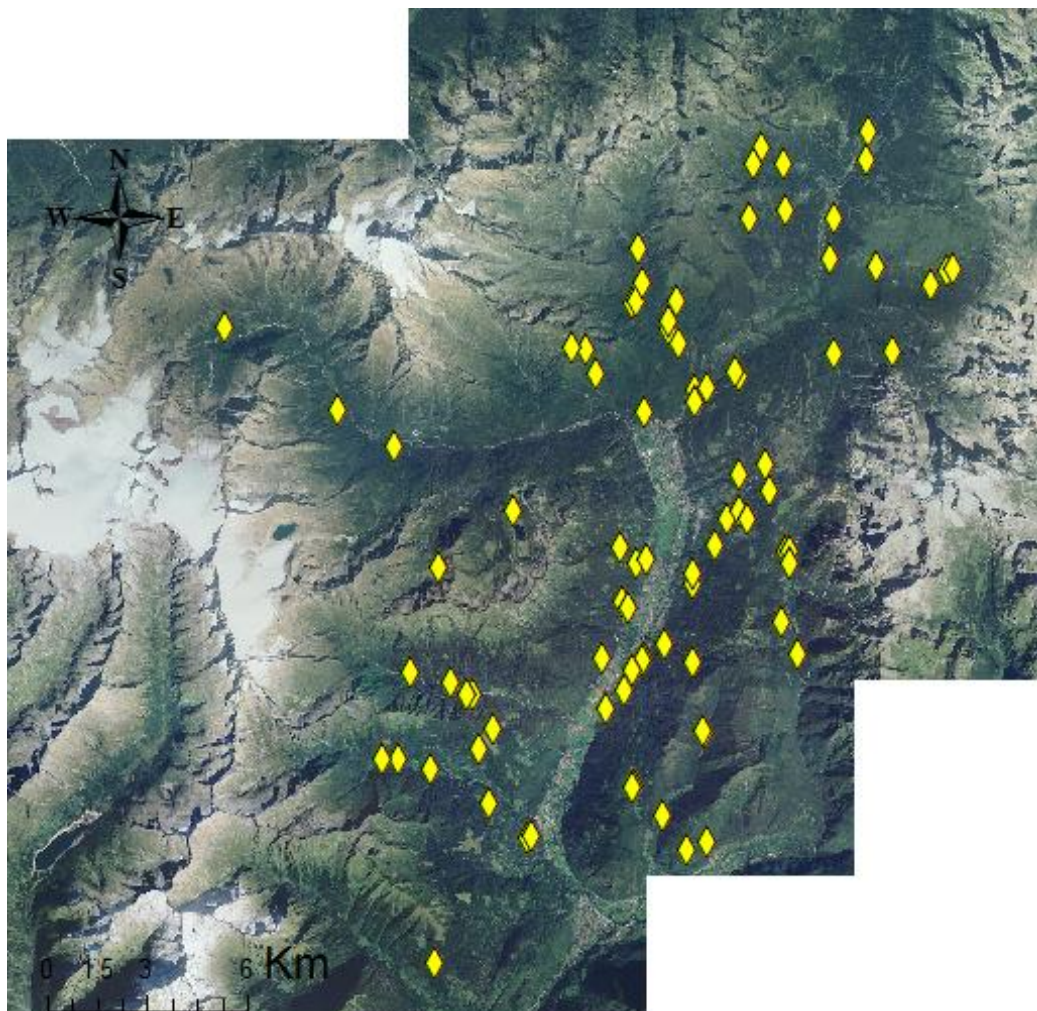


Fig.5.3.2.2: Sorgenti nell'area di studio complete di dati (Ortofoto 2006 PAT)

Qui di seguito sono riportati i diagrammi ottenuti. Nel primo diagramma (fig.5.3.2.4) sono state plottate tutte le sorgenti (88) per cui sono disponibili serie complete di dati, per un totale di 144 analisi.

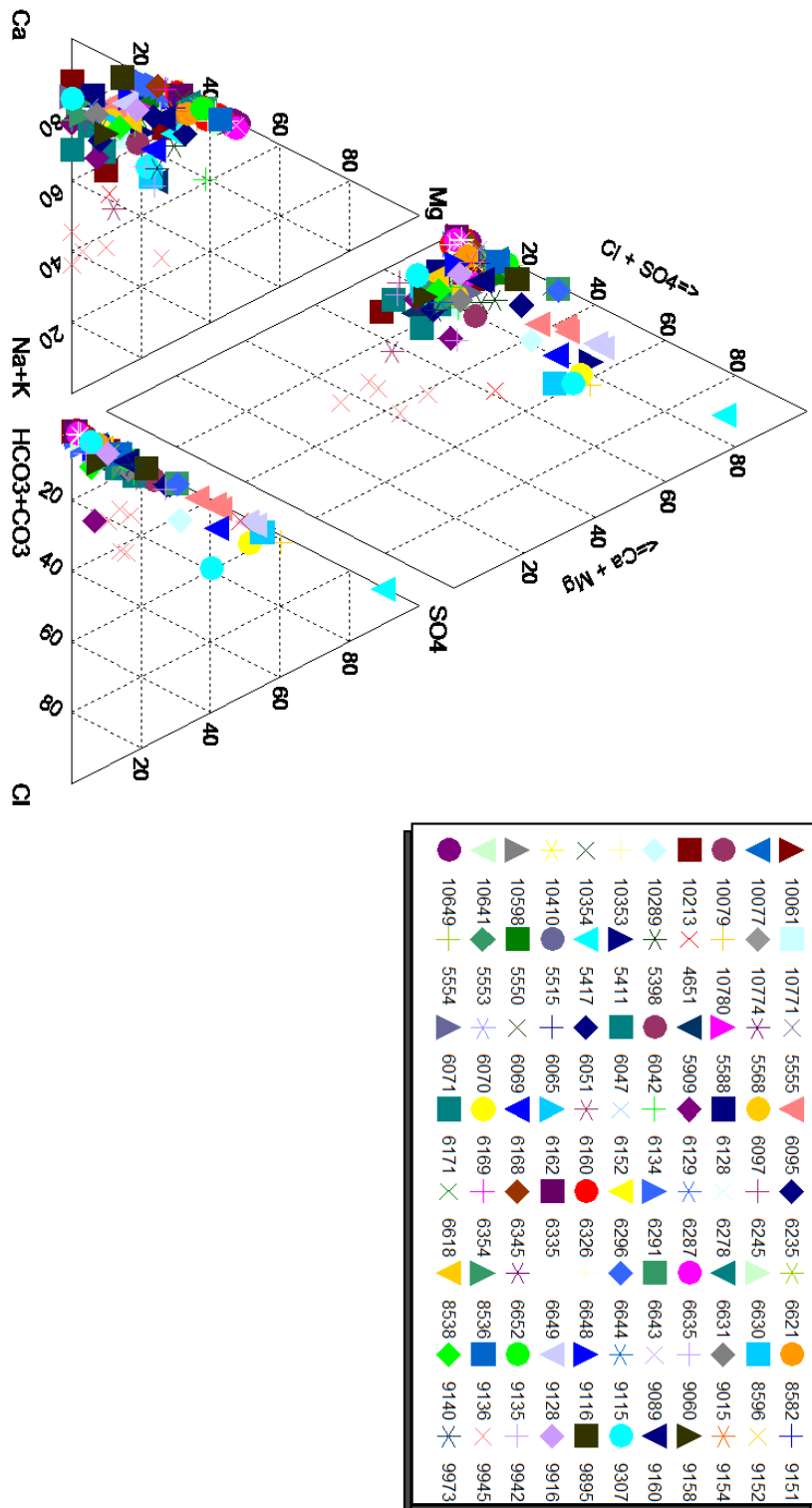


Fig.5.3.2.3: Diagramma di Piper completo con tutti i dati disponibili (88 sorgenti e 144 analisi. Vedi Allegato 2).

Dalla Fig.5.3.2.3 si può notare che i dati relativi alle sorgenti monitorate si concentrano nell'angolo sinistro del rombo. In questo caso le acque sono tipiche di falde poco profonde non saline e di substrati carbonatici e sono prevalentemente acque bicarbonato calciche (Fig.5.3.2.2).

In Fig.5.3.2.4 sono riportate le sorgenti che nel diagramma precedente si discostavano dal trend generale.

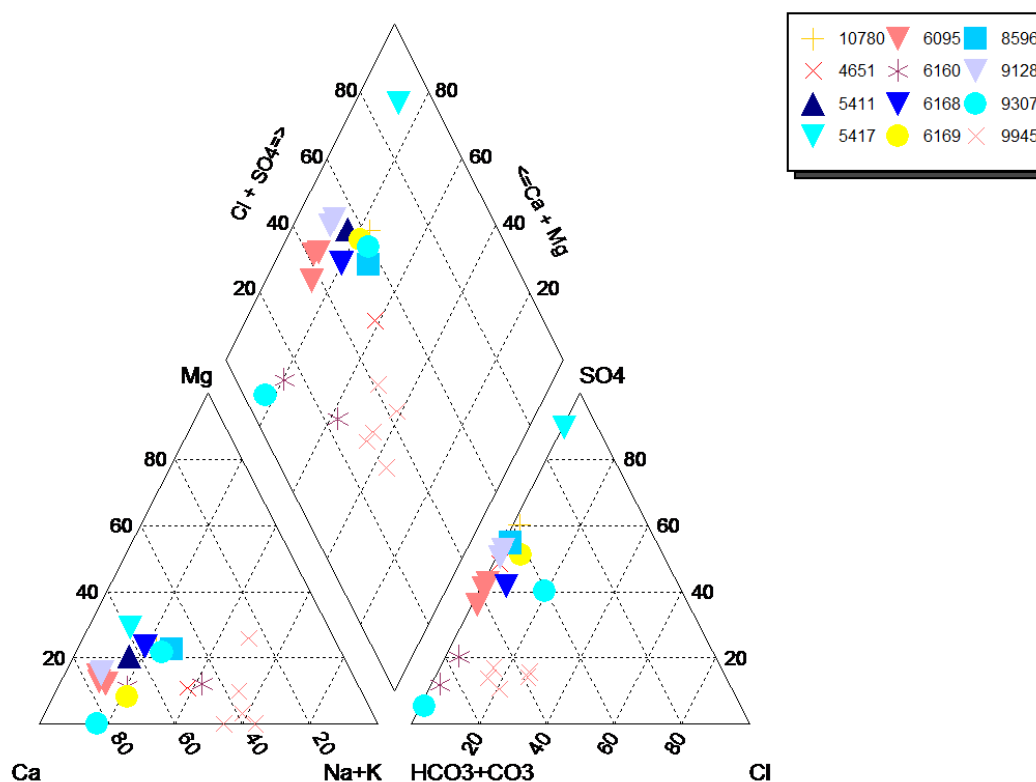


Fig.5.3.2.4: Sorgenti che si discostano dal trend generale del diagramma in Fig.5.3.2.3

Queste sorgenti sono localizzate quasi tutte nel fianco destro su litologie che compongono il Basamento Metamorfico Sudalpino, i plutoni del Corno Alto e Sostino, della Presanella e della Val d'Avio-Val Genova, quindi quasi tutte a carattere silicatico.

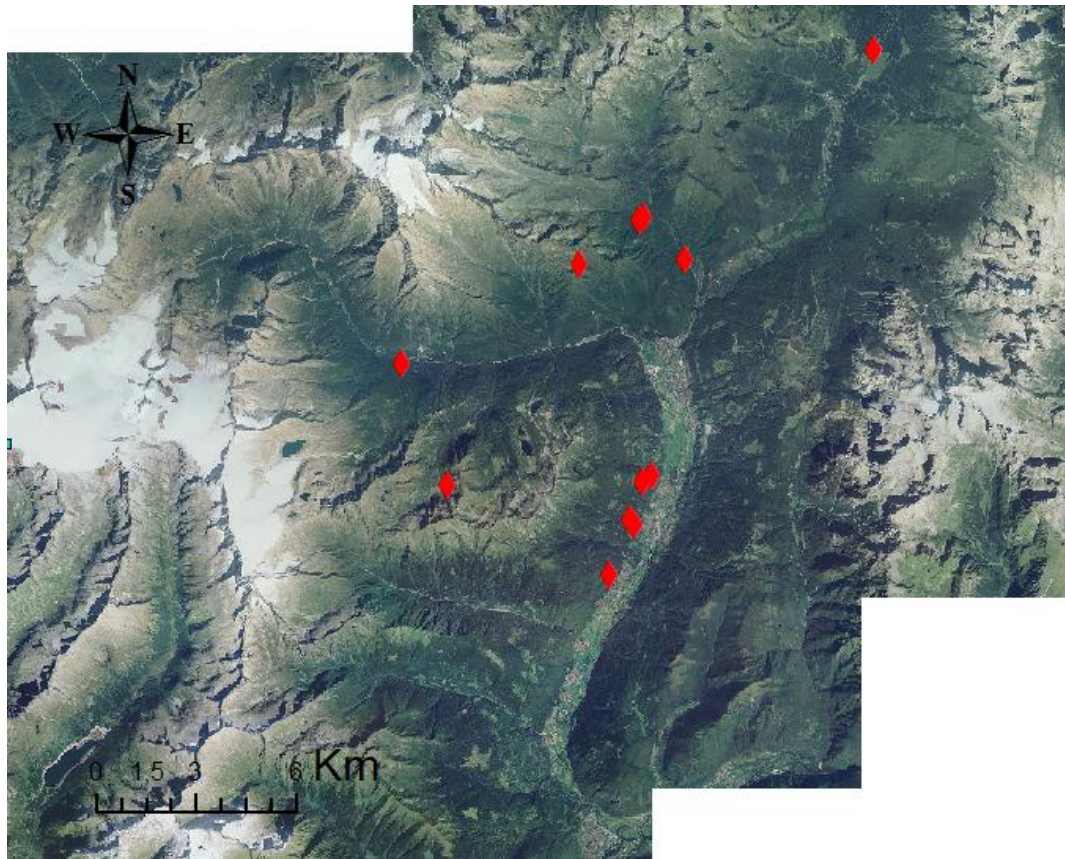


Fig.5.3.2.5: Sorgenti che si discostano dall'andamento generale evidenziato nel diagramma in Fig.5.3.2.3 (Ortofoto 2006 PAT)

L'unica sorgente a contatto con il fianco sinistro con caratteristiche simili ad alcune delle precedenti è la sorgente “Palù della Fava” (4651) che scaturisce nel dominio sedimentario, ma possiede tracce di mescolamento con fluidi silicatici lungo il margine del batolite dell'Adamello (Laveder, 2005). Questa sorgente può essere definita a carattere bicarbonatico calcico magnesiaco, come le sorgenti “Val Genova” (9945) e “Tristin” (6160).

La sorgente “Acqua Forte di Sant'Antonio” (5417) è quella dalle caratteristiche più anomale e ricade nel gruppo delle solfato calciche. Questa composizione anomala è casuata probabilmente dalla liscivazione di filoni mineralizzati, che arricchiscono la sorgente di particolari elementi.

Le rimanenti presenti nel diagramma di Fig.5.3.2.5 si collocano nel gruppo delle cloruro e solfato calciche e magnesiache.

Sono stati sviluppati dei diagrammi a *Pie* per alcune sorgenti con “trend anomalo”, ovvero la 4651, la 5417, la 9945 e la 5411, nonché per due sorgenti rappresentative del “trend normale”, la 6335 e la 9916.

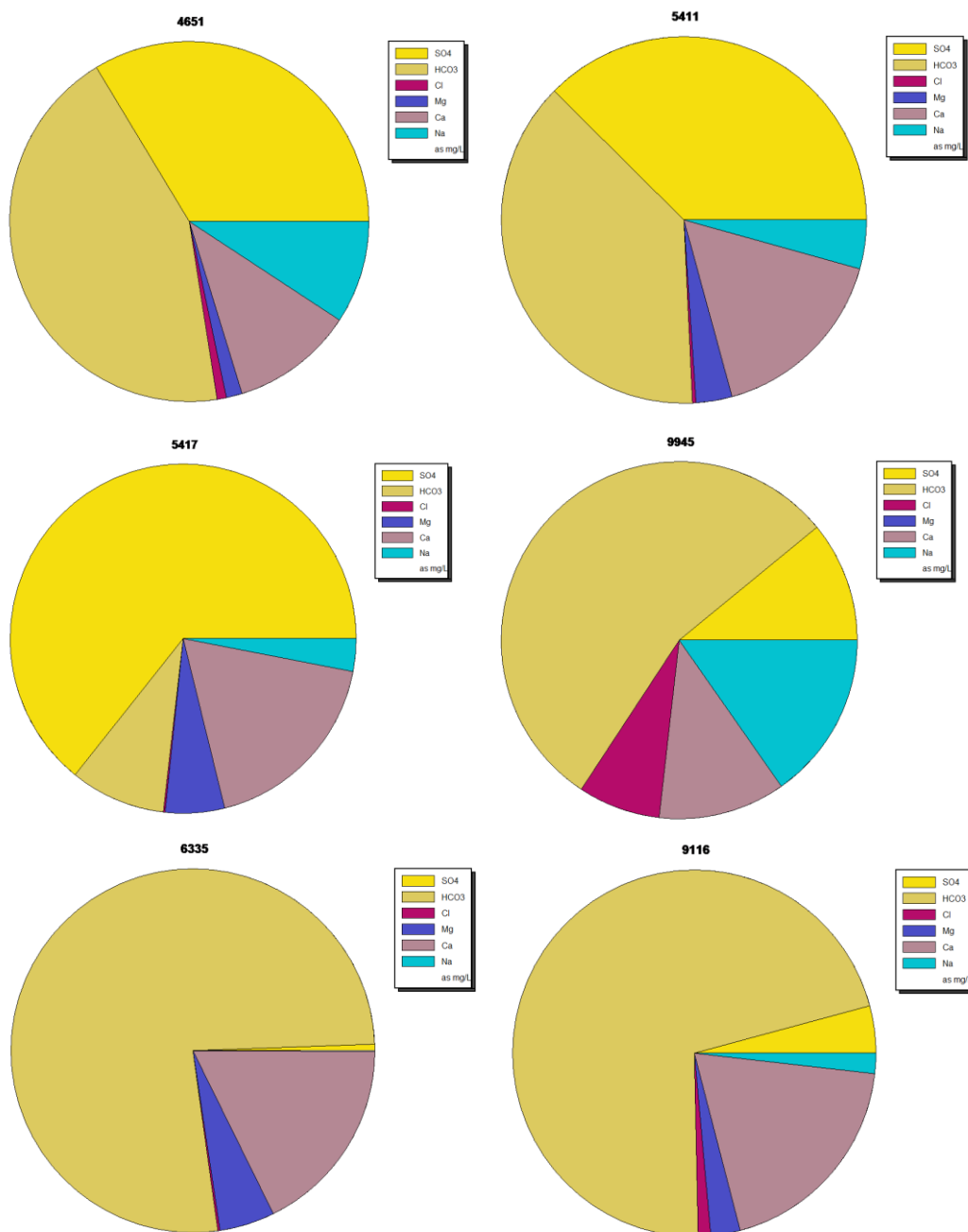


Fig.5.3.2.6: Diagrammi relativi a quattro sorgenti rappresentative “dei trend anomali” (4651, 5417, 5411, 9945) e due sorgenti (6335, 9916) rappresentative del “trend normale”.

Dai diagrammi a *Pie* (Fig.5.3.2.6) si nota immediatamente la differenza di concentrazioni di HCO_3 e di SO_4 e in misura minore anche del Na.

Sono stati costruiti due diagrammi di *Schoeller* (diagrammi semilogaritmici che consentono una rappresentazione grafica degli ioni maggiori in meq/l al fine di confrontare diverse tipologie di acque) per evidenziare le diverse concentrazioni degli ioni nelle acque delle sorgenti con “trend normale”(76) rispetto a quelle con “trend anomalo”(12).

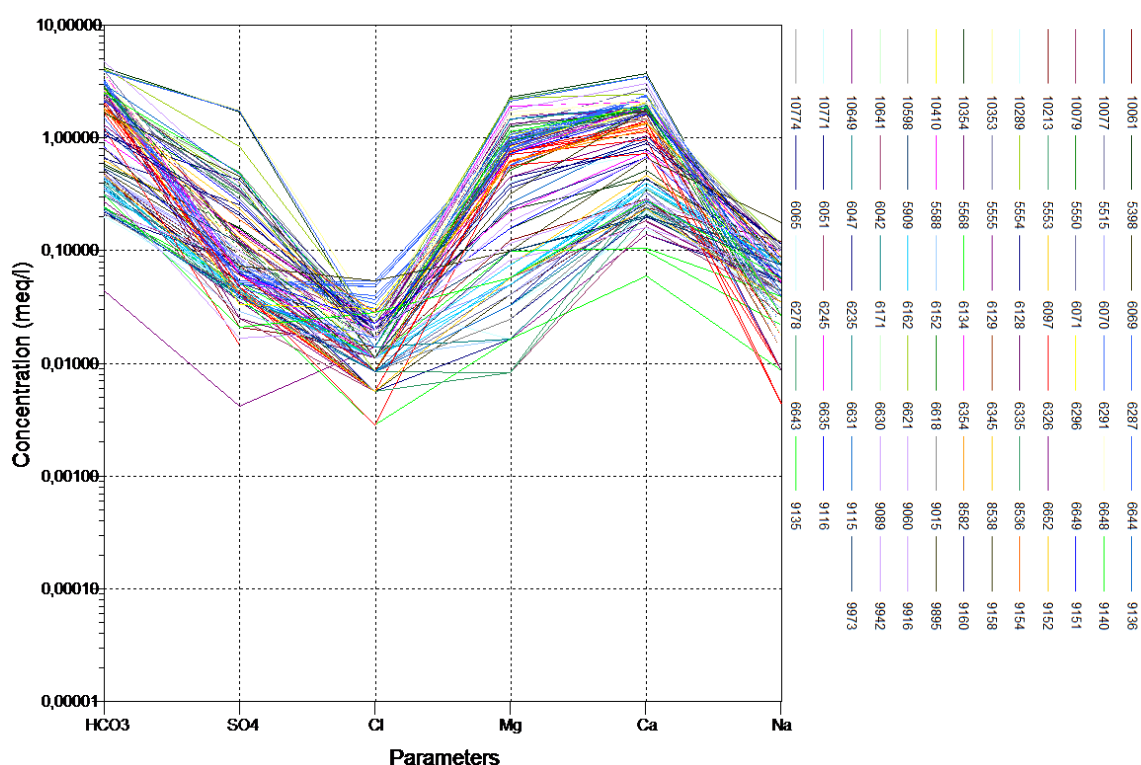


Fig.5.3.2.7: Diagramma di *Schoeller* per le sorgenti a “trend normale”

Dal diagramma in Fig. 5.3.2.7 si nota una generale omogeneità di concentrazioni, con solo alcune sorgenti che evidenziano differenze marcate, ossia un differente contenuto in SO_4 oppure in Ca dovuti, nella maggior parte dei casi, alla posizione geografica (fianco vallivo destro o sinistro, ovvero dominio cristallino o carbonatico-dolomitico).

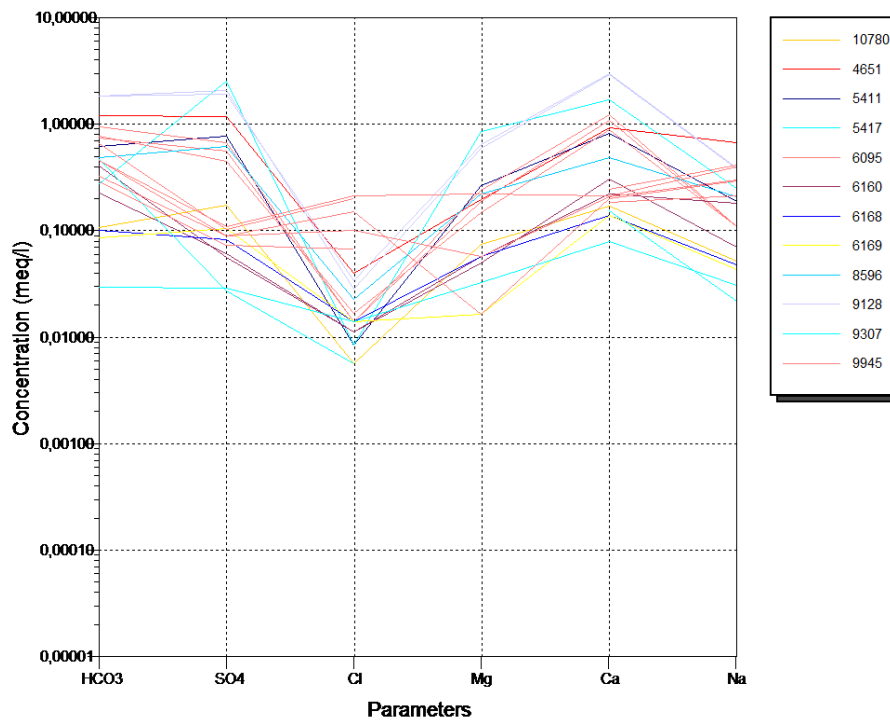


Fig.5.3.2.7: Diagramma di *Schoeller* per le sorgenti a “trend anomalo”

Nel grafico a Fig.5.3.2.7 si possono notare almeno tre trend differenti, come già evidenziati dai precedenti diagrammi a *Pie* e di *Piper*. Mediante questo grafico si può riscontrare forse meglio che con i precedenti la marcata differenza nella percentuale degli ioni maggiori da sorgente a sorgente.

Il fatto che si tratti di acque relativamente giovani è confermato dalla differenza non marcata tra quelle del dominio sedimentario e quelle del dominio magmatico/metamorfico (tranne per quelle in Fig.5.3.2.5), senza l’evidenza di facies tipiche di acque circolanti all’interno del basamento cristallino profondo, tipo Na-Ca-SO₄-HCO₃ e, a profondità ancora superiori, Na-Cl (Laveder 2006).

6 Cartografia tematica

Mediante i dati illustrati nel capitolo precedente sono state create delle mappe tematiche con l'ausilio di *Arcmap*.

Con i valori di conducibilità termica ottenuti dall'analisi in laboratorio è stata creata una mappa della conducibilità termica (Fig.6.1). I valori di conducibilità delle rocce e dei sedimenti sono stati associati ad ogni *layer* della mappa, corrispondente a ogni litologia o sedimento presente nei Fogli Carg 059 Tione di Trento, 042 Malè e 058 Monte Adamello.

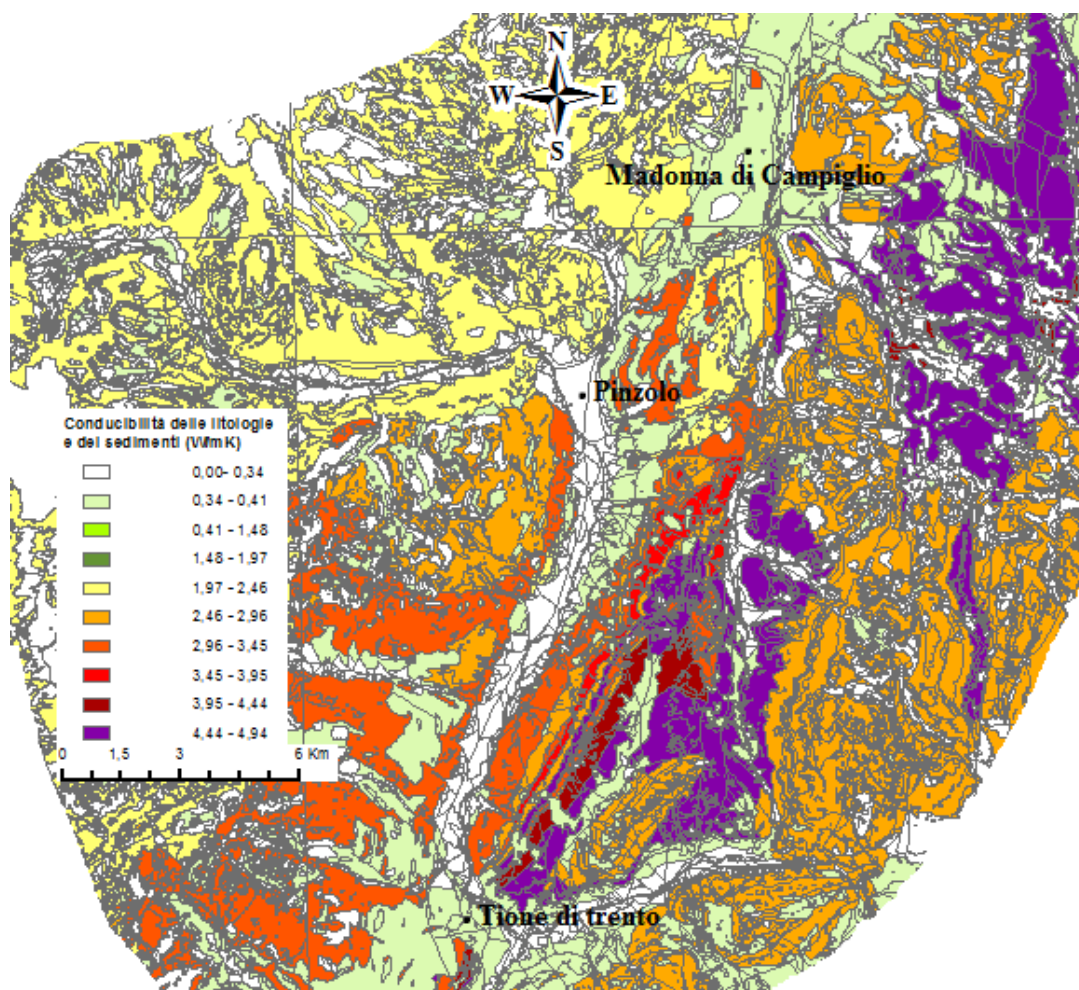


Fig.6.1: Mappa della conducibilità termica delle rocce e dei sedimenti affioranti.

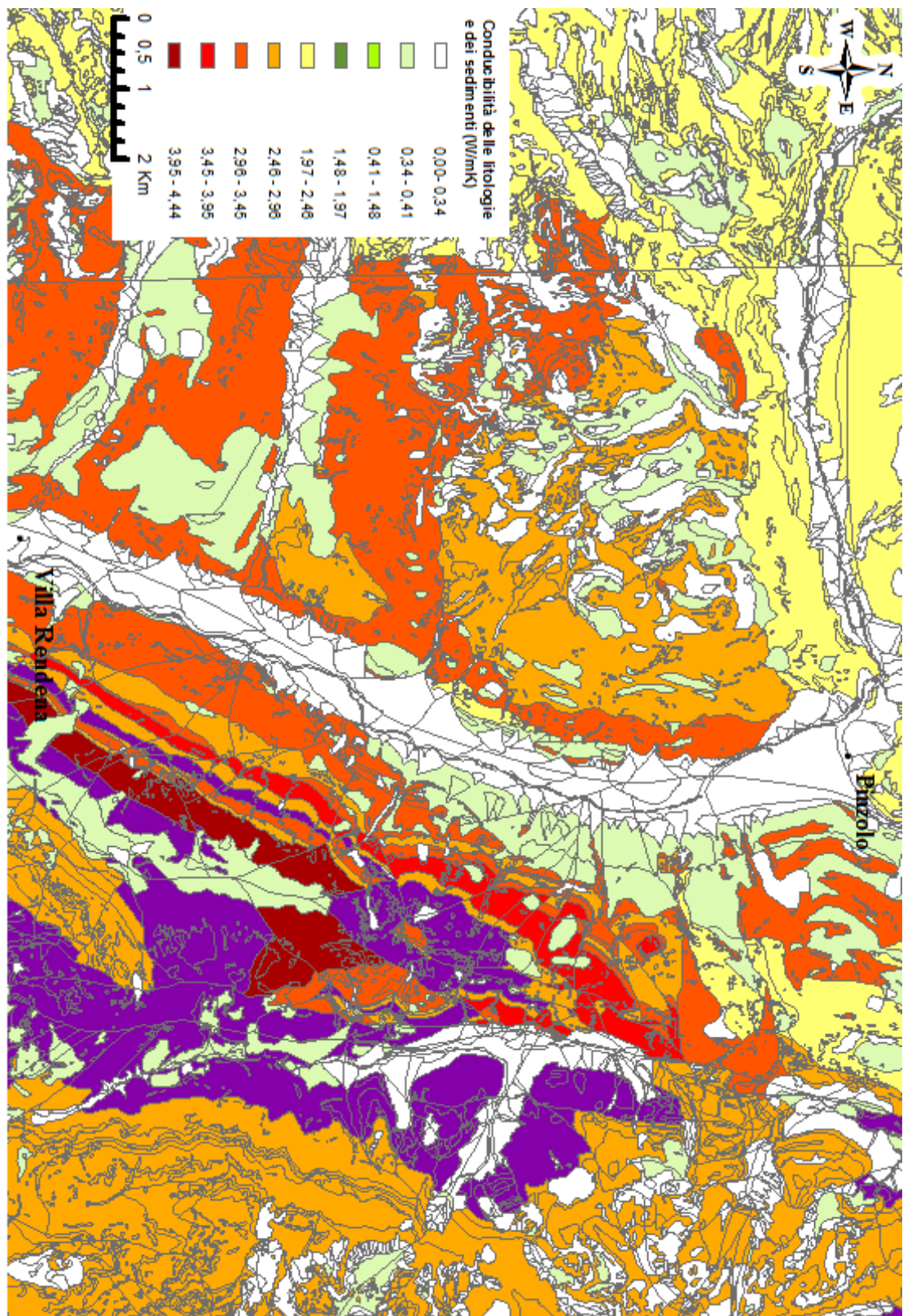


Fig.6.2: Zoom della mappa nell'area di studio.

Dalla mappa di conducibilità si possono notare in bianco e in verde i sedimenti, in giallo le litologie a prevalentemente composizione tonalitica, in arancione e in rosso i calcari e le rocce effusive mentre in viola le rocce con carattere dolomitico.

Mediante i valori ottenuti con la relazione di Claps (2003) è stata creata una mappa della temperatura media annua dell'aria del Trentino (Fig.6.2).

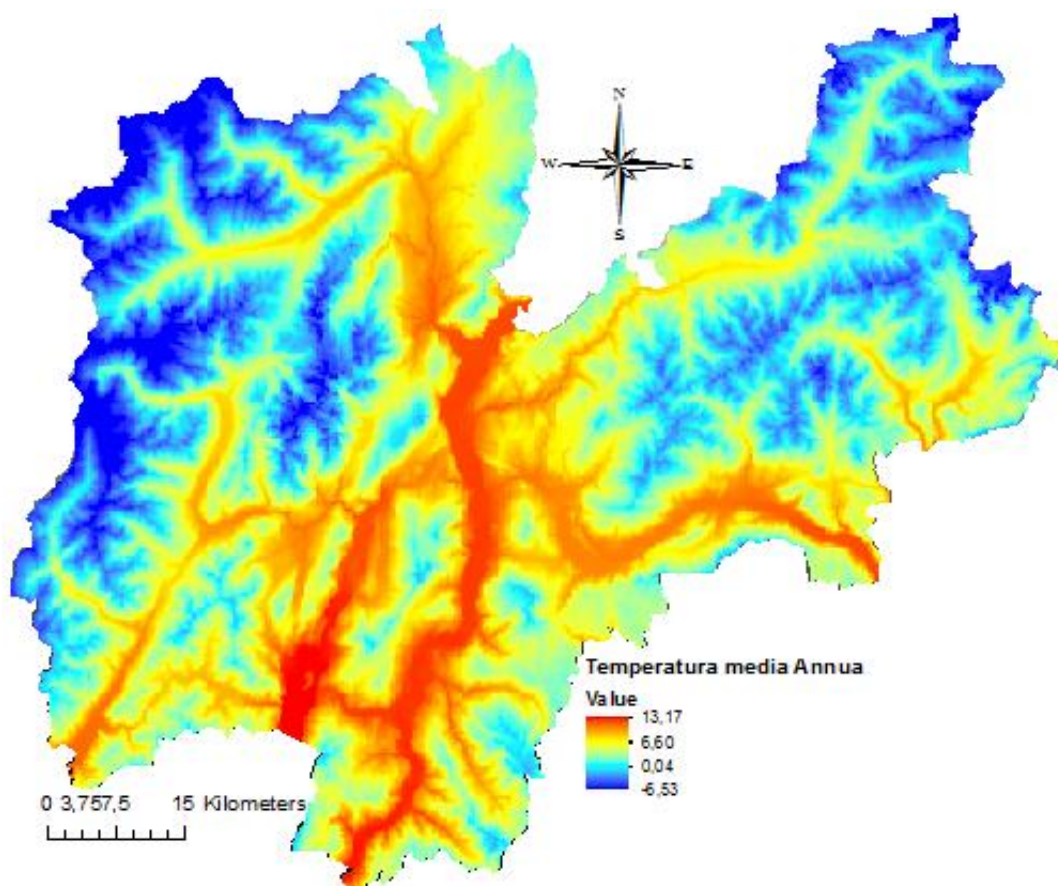


Fig.6.2: Mappa della distribuzione delle temperature medie annue dell'aria nella Provincia di Trento, ottenuta mediante l'utilizzo della relazione di Claps (2003)

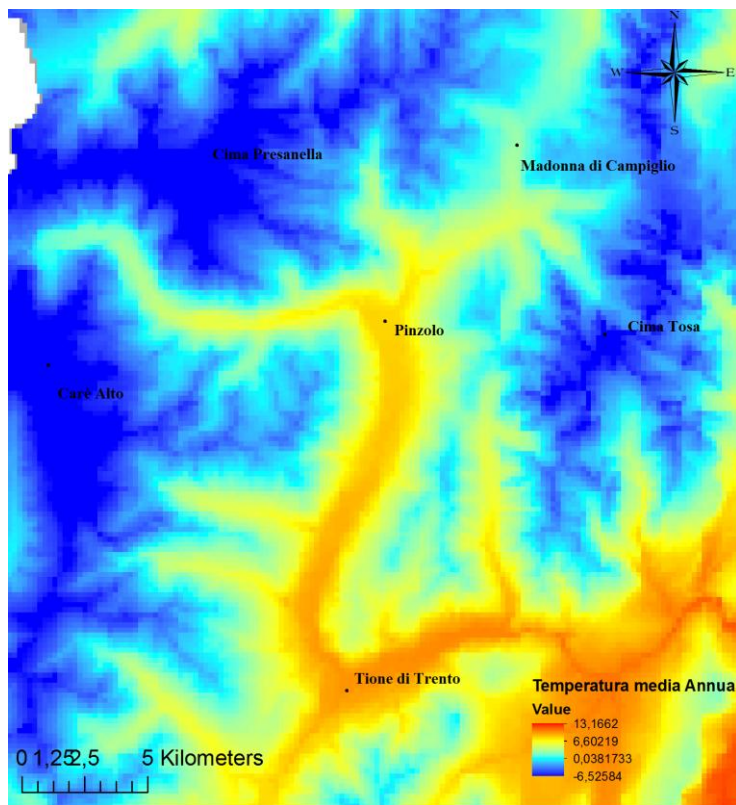


Fig.6.3: Zoom nell'area di studio

Come si può notare il risultato è molto simile a quello ottenuto da Viesi e Baldassari (2011). I risultati da loro ottenuti variano in un *range* da 7,4°C a 13,4°C mentre i risultati ottenuti nell'analisi mediante i parametri di Claps vanno da -6,5°C a 13,2°C. Le differenze nella temperatura massima potrebbero essere attribuibili all'influenza del Lago di Garda e degli altri laghi nella Valle del Sarca, non considerati nella relazione di Claps, ma che, invece, vista la presenza di molte stazioni metereologiche nella zona prossima al Lago di Garda (Fig.5.2.1) hanno sicuramente influito sui risultati ottenuti da Viesi e Baldassari. Il valore della temperatura minima risulta probabilmente più elevato a causa dell'utilizzo di un indice medio di concavità (vedi Fig.5.2.3).

Con i dati di temperatura delle sorgenti è stata creata una mappa dove si può notare la distribuzione nell'area delle sorgenti identificate mediante una scala di colori in funzione della temperatura.

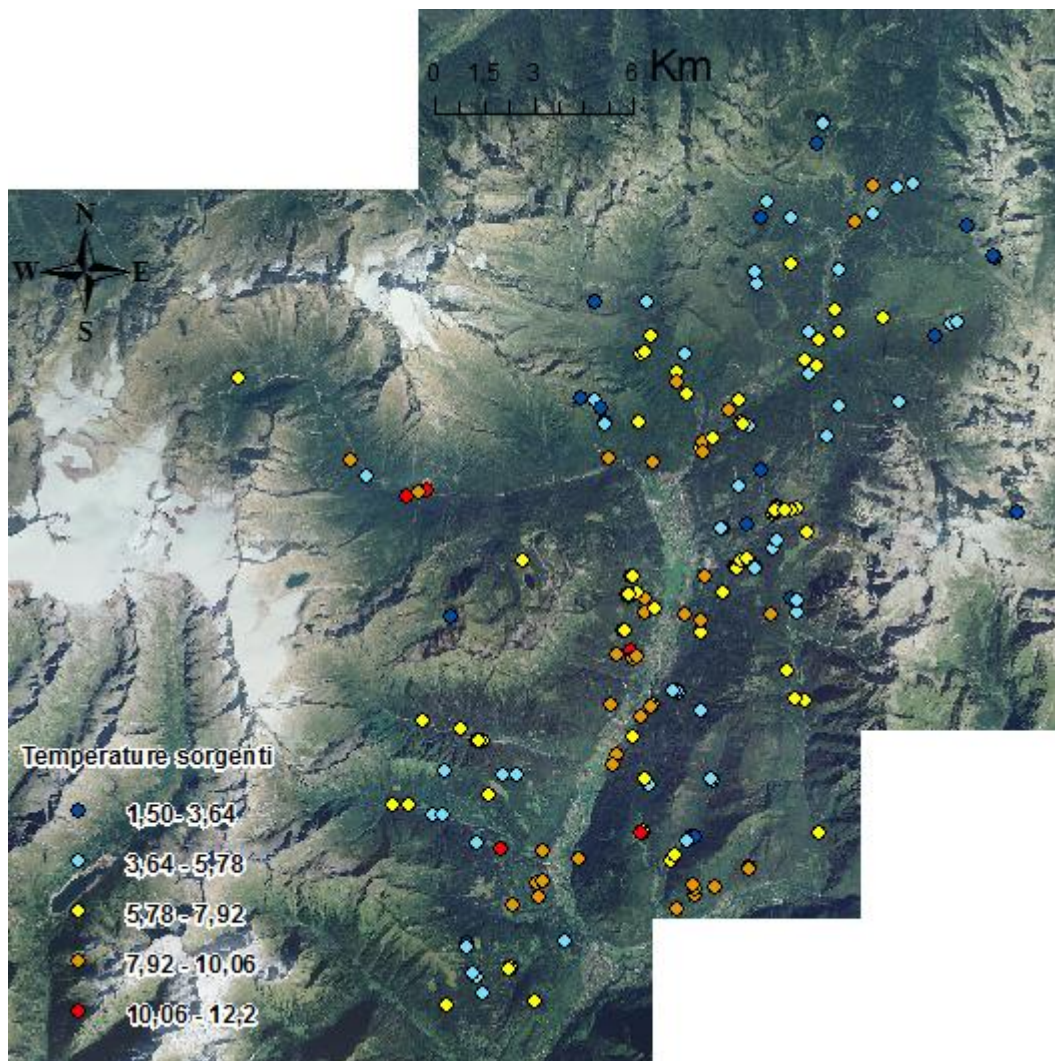


Fig.6.3: Mappa della distribuzione nell'area delle sorgenti identificate mediante una scala di colori in funzione della temperatura.

Dall'immagine si può notare che le sorgenti con le maggiori temperature sono concentrate tranne alcuni casi nel fondovalle. Una possibile causa potrebbe essere (oltre che tendenzialmente la minor quota) che esse emergono dalla zona di danneggiamento della Linea delle Giudicarie Sud (Fig.6.4).

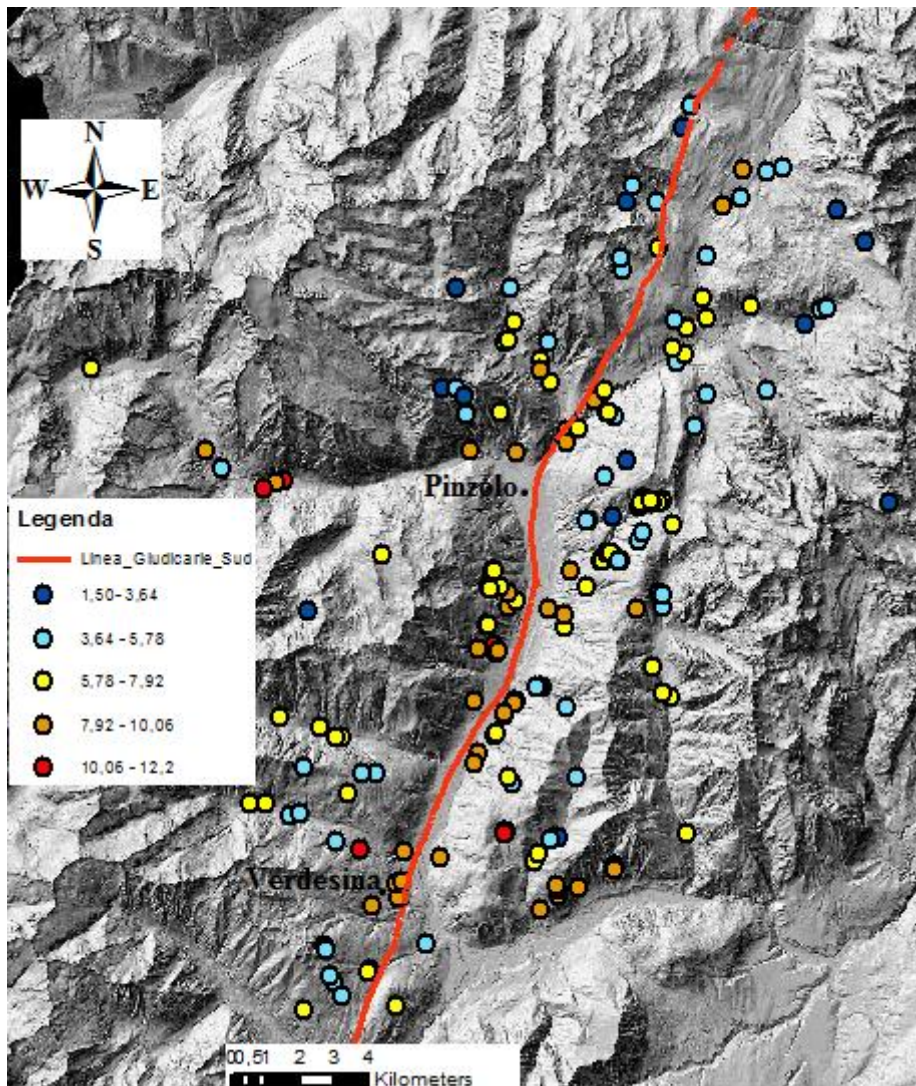


Fig.6.4: Nella mappa si può notare il collegamento tra la Linea delle Giudicarie Sud e la maggior parte delle sorgenti a più alta temperatura.

Questo lineamento come già descritto nel Cap.4.1 è coperto da sedimenti e affiora solamente a Verdesina, dove si nota dalla mappa una concentrazione di sorgenti con temperatura maggiori di 8 °C. Il lineamento così mappato è stato preso dal Foglio 059 Tione di Trento (Castellarin et al)

7 Analisi petrografica

Nelle analisi di conducibilità termiche trattate nel capitolo 5.1, si sono riscontrate delle differenze sistematiche dei valori misurati su superfici di taglio orientate diversamente, appartenenti allo stesso campione. Per comprendere le motivazioni di tali differenze, si è deciso quindi di effettuare un'analisi petrografica al microscopio ottico dei campioni studiati. Sono state realizzate 8 sezioni sottili, due per campione rispettivamente parallelamente e perpendicolarmente all'orientazione preferenziale della roccia (piani di stratificazione o foliazione). I litotipi qui di seguito descritti sono quattro: una leucoquarzodiorite, un micascisto, una vulcanoclastite ed una dolomia.

Leucoquarzodiorite della bassa Val di Genova (PPG) (Campione 21)

Struttura macroscopica: Il campione presenta una evidente foliazione. Localmente tale foliazione è sostituita da una lineazione molto marcata. Si riconoscono senza difficoltà quarzo, plagioclasio e biotite. Il campione si presenta compatto, a grana media, con uno stadio di alterazione precoce e con assenza di fratturazione.

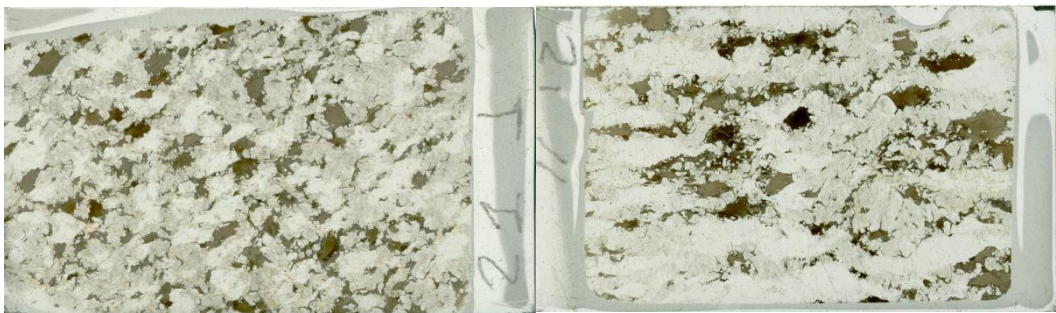


Fig.7.1a, b: Struttura macroscopica del campione. (a) sezione ortogonale alla superficie di foliazione, (b) superficie parallela alla foliazione. Altezza 2,7 cm.

Struttura microscopica: Le sezioni mostrano una struttura olocristallina, equigranulare a grana media fanerocristallina, ipidiomorfa, con tendenza ofitica. Osservando le sezioni non si nota una foliazione abbastanza marcata dovuta all'orientazione della biotite (Fig. 7.2a) e degli aggregati mono-mineralici

policristallini di quarzo presenti (Fig. 7.2b). Anche nella sezione tagliata parallelamente alla foliazione è evidente un'orientazione preferenziale dei cristalli di biotite che, lungo questa superficie, si rinviene prevalentemente in sezioni basali parzialmente trasformate in clorite.

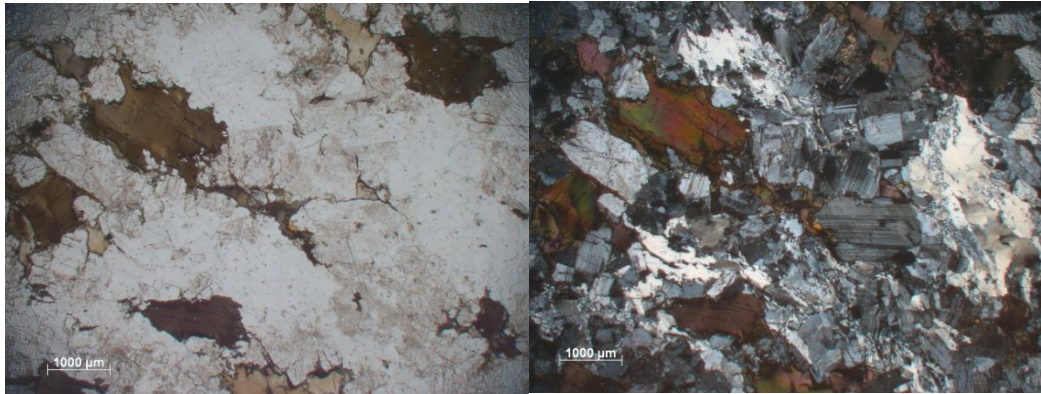


Fig.7.2a, b: Aggregati mono-mineralici policristallini di quarzo nella sezione ortogonale alla superficie di foliazione. (a) Luce parallela solo analizzatore, (b) luce parallela e nicol incrociati.

I costituenti mineralogici, in ordine decrescente di abbondanza, sono: plagioclasti, quarzo, biotite, epidoto, minerali opachi, apatite e zircone.

Plagioclasio: Il plagioclasio forma cristalli zonati con varie geminazioni (polisintetica, Albite-Carlsbad) (Fig. 7.2b). Si nota l'alterazione in saussurite (sericite+epidoto+calcite+quarzo) tipica della parte più ricche in calcio. Rilievo basso.

Quarzo: Si presenta in rari cristalli singoli. La maggior parte del quarzo si è mobilizzato durante l'evidente intensa deformazione ed è andato a formare aggregati mono-mineralici policristallini. Quando i bordi granulari sono visibili, si può notare l'iso-orientazione ottica di tutti i cristalli dell'aggregato (Fig. 7.4a, b). Là dove i cristalli stanno ricristallizzando, in un unico cristallo, è evidente un'estinzione ad onda.

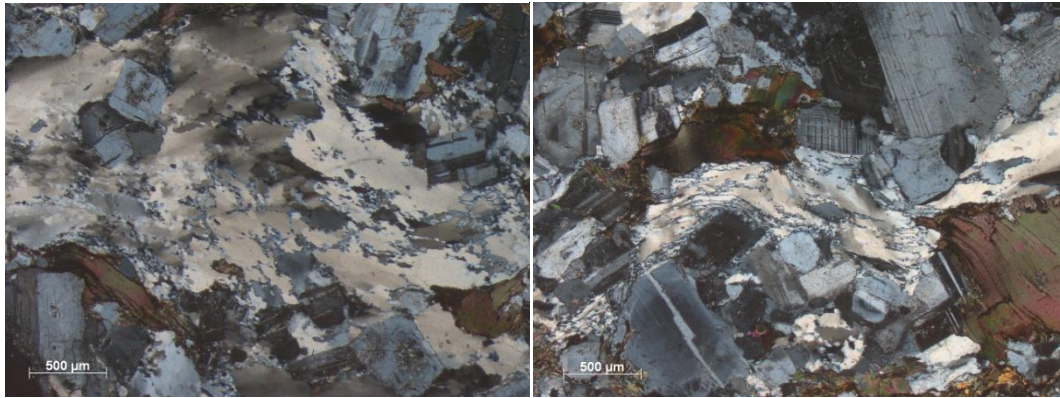


Fig.7.3a, b: Aggregati policristallini mono-mineralici di quarzo formatisi durante l'intensa deformazione. Luce parallela e nicol incrociati.

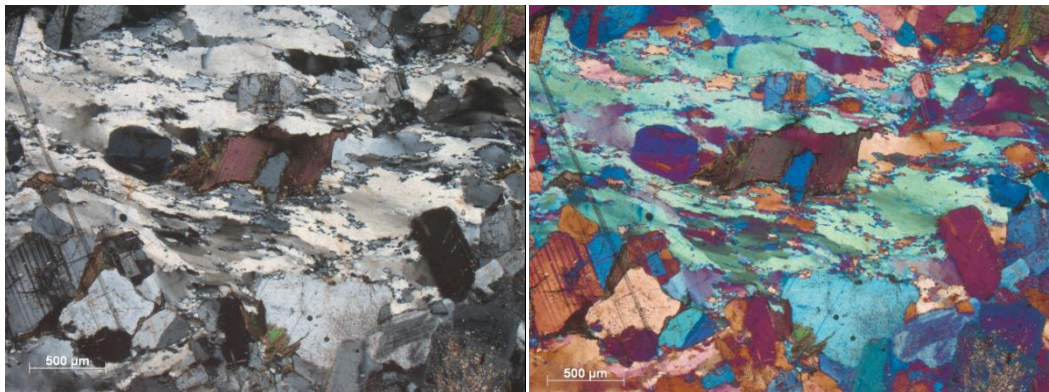


Fig.7.4a, b: Aggregati policristallini mono-mineralici di quarzo formatisi durante l'intensa deformazione. (a) Luce parallela e nicol incrociati. (b) Inserendo la lamina con ritardo fisso si può notare l'iso-orientazione ottica della maggior parte dei cristalli costituenti l'aggregato (in blu).

Biotite: La biotite si presenta in cristalli lamellari, alcuni molto deformati, con pleocroismo sui toni del marrone. Alcuni cristalli sono parzialmente cloritizzati. Questo è particolarmente evidente nelle sezioni basali dove si rinvencono piccole lamelle di ilmenite, tipiche della trasformazione della biotite in clorite. I cristalli più grandi presentano estinzione ad onda (Fig. 7.5).



Fig.7.5: Lamella di biotite con estinzione ondulata. Luce parallela e nicol incrociati.

Clorite: Forma cristalli lamellari pleocroici sui toni del verde chiaro. In questo campione è un componente secondario che sostituisce in varie proporzioni la biotite. Contengono piccole lamelle di ilmenite, componente secondario della trasformazione della biotite in clorite.

Sericite: La sericite si rinviene esclusivamente come minerale secondario che si forma dalla alterazione del plagioclasio.

Epidoto: L'epidoto si rinviene in cristalli di clinzoisite di piccole dimensioni, generalmente associati all'alterazione dei plagioclasti.

Minerali opachi: Sono omogeneamente distribuiti in piccoli individui allotriomorfi. Si riconoscono piccole lamelle di ilmenite all'interno delle biotiti cloritizzate.

Apatite: Si presenta nella classica forma di prisma tabulare a base esagonale.

Zircone: Lo zircone si presenta in varie forme, da bipiramidato allungato fino a tozzo. Quando è all'interno della biotite forma evidenti aloni pleocroici. Si riconosce facilmente per gli elevati colori d'interferenza.

Scisto di Rendena (SRE) (Campione 5)

Struttura macroscopica: Il campione presenta una forte deformazione, strutture pieghettate che danno origine ad un clivaggio per crenulazione. Questa particolare deformazione si nota bene soprattutto nella sezione ortogonale alla foliazione. Il

campione presenta delle fratture verticali e orizzontali. Non presenta stati di alterazione. La granulometria dei minerali costituenti è fine.



Fig.7.6a, b: Struttura macroscopica del campione. (a) Superficie parallela alla foliazione, (b) struttura scistosa da ondulata a pieghettata nella sezione ortogonale alla foliazione.

Struttura microscopica: La microstruttura è scistosa da ondulata a pieghettata e prevalentemente lepidoblastica (Fig. 7.7a, b). Sono presenti bande alternate a prevalente struttura lepidoblastica e granoblastica, dovute rispettivamente alla prevalenza quarzo e fillosilicati (sericite, muscovite e biotite in ordine di abbondanza). Si nota inoltre localmente una struttura porfiroblastica dovuta a ad aggregati polimineralici di sericite e clorite, probabilmente pseudomorfi su staurolite e a rarissimi porfiroblasti di plagioclasio (Fig. 7.10). Talvolta si possono notare ombre di pressione classiche a lato di questi porfiroblasti. La scistosità principale isola domini nei quali è ancora riconoscibile una foliazione precedente (S1), ripiegata con pieghe relitte senza radice.

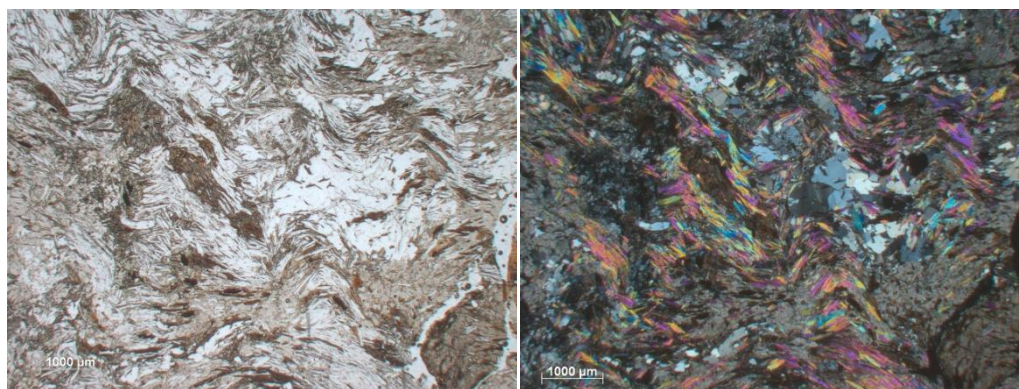


Fig.7.7a, b: Microstruttura del campione nella sezione ortogonale alla scistosità. (a) Luce parallela solo analizzatore, (b) luce parallela e nicol incrociati.

I minerali in ordine di abbondanza sono muscovite, biotite, quarzo, tormalina, rutilo, minerali opachi, zirconi, apatite e plagioclasio

Muscovite: Si rinviene in lamelle di medio-piccole dimensioni che costituiscono i piani di scistosità. È presente inoltre sia in abbondanti letti sericitici pseudomorfi su plagioclasio che in aggregati polimineralici pseudomorfi su staurolite. L'abbondante presenza di sericite si nota in Fig. 7.8 e 7.9.

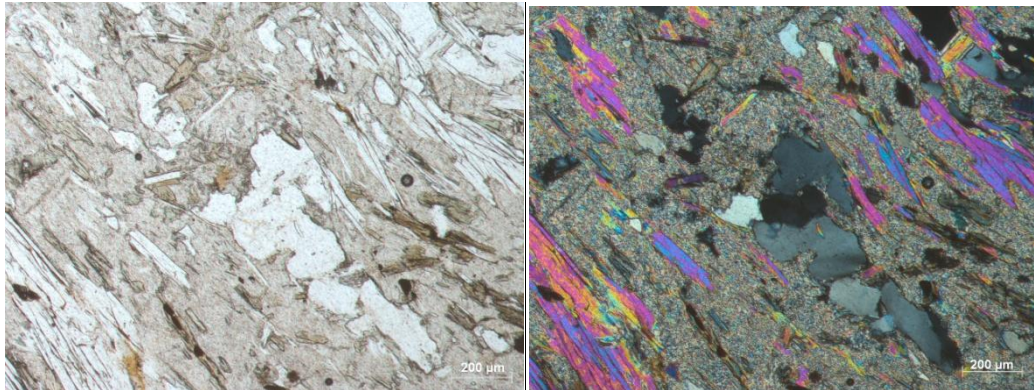


Fig.7.8a, b: Letti sericitici pseudomorfi su plagioclasio (a) luce parallela, solo analizzatore (b) luce parallela, nicol incrociati.

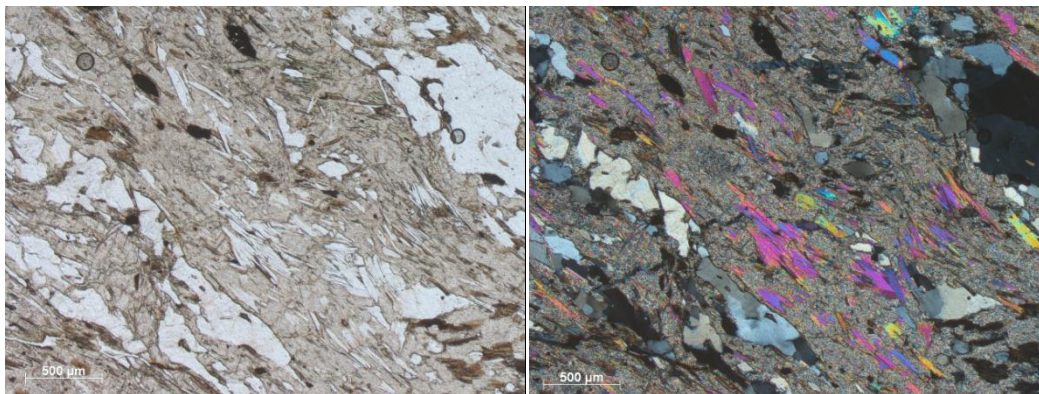


Fig.7.9a, b: Letti sericitici pseudomorfi su plagioclasio notare la sericitizzazione. (a) luce parallela, solo analizzatore (b) luce parallela, nicol incrociati.

Biotite: Forma lamelle di medie dimensioni talvolta parzialmente o totalmente trasformate in clorite. Nelle sezioni basali delle lamelle più trasformate sono visibili inclusioni di rutilo sagenitico, disposto in modo da evidenziare la simmetria del cristallo con i classici angoli a 120° .

Quarzo: Classica estinzione ondulata, bassi colori di interferenza, orientato (Fig. 7.8)

Tormalina: Si nota in buona quantità, zonata con nucleo più scuro.

Zirconi: Si riconosce a causa degli alti colori d'interferenza.

Apatite: Si presenta nella classica forma di prisma tabulare a base esagonale.

Rutilo: si notano in forma prismatica (piccoli aghi) di colore marrone scuro, precipitati in seguito all'alterazione della biotite.

Minerali opachi: ben visibili minerali allotriomorfi.

Clorite: sui toni del verde chiaro, presente sui bordi dei cristalli di biotite.

Plagioclasio: Rarissimo, generalmente sostituito interamente dalla sericite. In Fig.7.10 si può notare un raro porfiroblasto "scampato" alla pseudomorfosi.

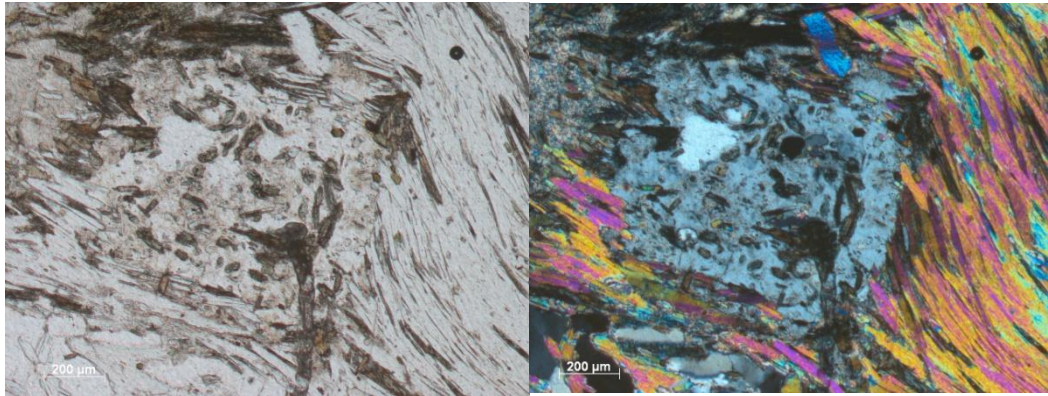


Fig.7.10a, b: (a) Porfiroblasto di plagioclasio avvolto da biotite a nicol paralleli e (b) a nicol incrociati.

Ignimbrite di Malga Plan (IMP) (Campione 9)

Struttura macroscopica: Il campione si presenta compatto, non alterato ed eterogeneo. Infatti esso è formato da materiali provenienti da magmi aventi diverse composizioni (vedi Fig.5.1.3.3), cosa che si nota anche a livello microscopico. Vi è la presenza di diversi frammenti piroclastici, si notano le classiche composizioni di una riocacite e dacite.

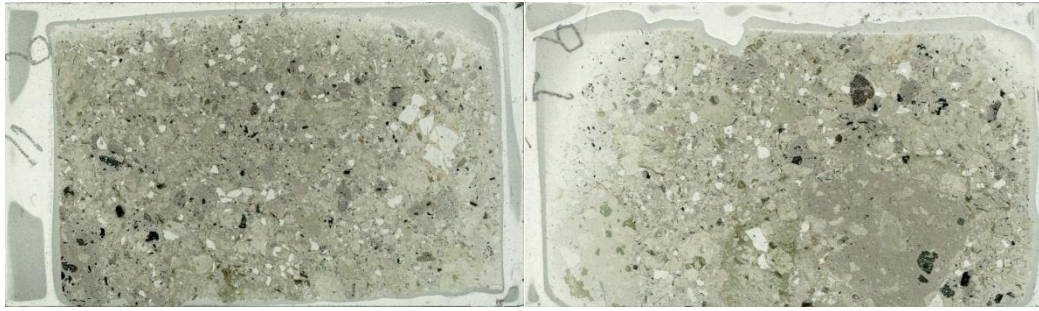


Fig.7.11a, b: Struttura macroscopica del campione. (a) superficie parallela alla foliazione, (b) sezione ortogonale alla superficie di foliazione.

Struttura microscopica: La roccia presenta una struttura ipocristallina, inequigranulare, iatale, glomeroporfirica. La massa di fondo è composta da cenere ricristallizzata in minutissimi cristalli, probabilmente quarzo e plagioclasio, difficilmente risolvibili al massimo ingrandimento. Talvolta è possibile notare ancora del vetro all'interno di alcuni cristalli di plagioclasio. Non si apprezza un orientazione prevalente nelle sezioni. Talvolta come in Fig.7.14 si notano differenti strutture e tessiture (si passa da strutture porfiriche a glomeroporfiriche) causate dalla diversa composizione dei magmi e delle rocce che la compongono.

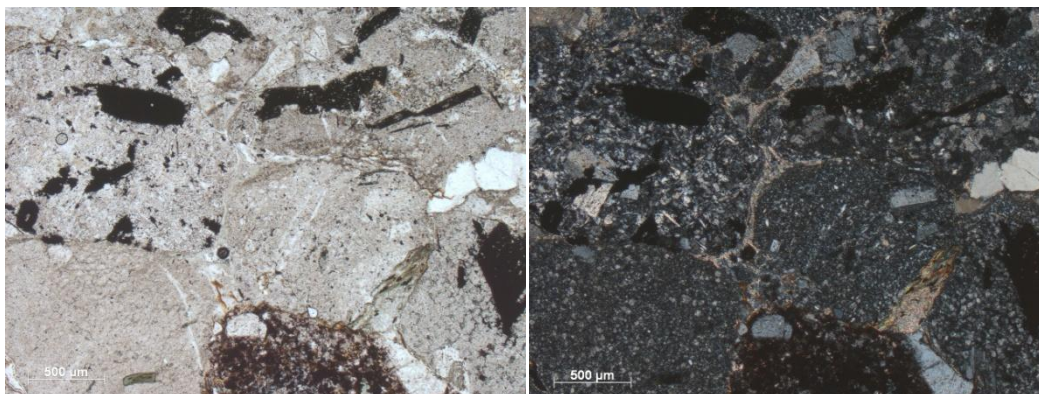


Fig.7.12a, b: Si può notare l'eterogeneità della roccia dovuta alla presenza di frammenti piroclastici di diversa composizione. (a) Luce parallela, solo analizzatore, (b) luce parallela, nicol incrociati.

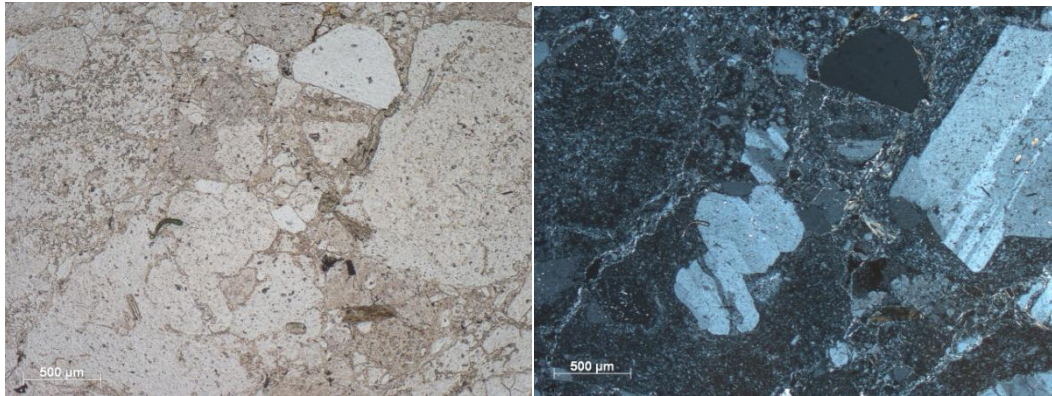


Fig.7.13a, b: Glomerocristalli di plagioclasio in piroclasti rioidacidi. (a) Luce parallela, solo analizzatore, (b) luce parallela, nicol incrociati.

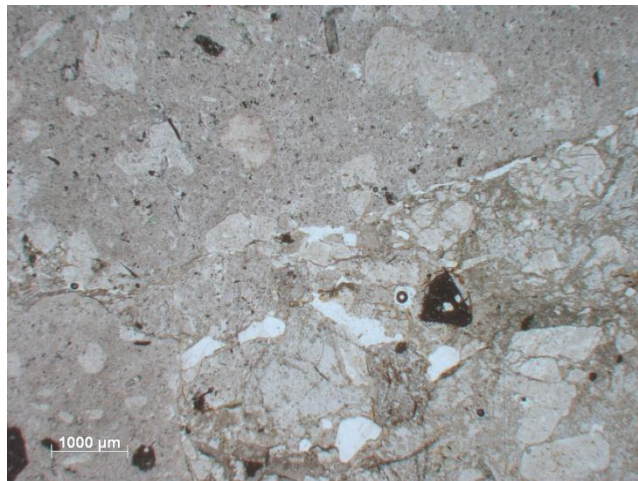


Fig.7.14: Sezione al minimo ingrandimento (1 x). Ben riconoscibile è l'eterogeneità della roccia sia dal punto strutturale che compositivo.

Segue elenco dei minerali presenti in ordine di abbondanza

Quarzo: Forma individui allotriomorfi generalmente spigolosi con la classica estinzione ondulata e bassi colori di interferenza. Talvolta presentano anse di corrosione causate dalla fusione.

Plagioclasio: È presente nella roccia sia in cristalli singoli generalmente zonati che in glomerocritalli; questi ultimi prevalgono nei piroclasti rioidacitici (7.13a, b). È spesso alterato in sericite.

Biotite: Forma cristalli generalmente alterati in clorite, con il classico pleocroismo sui toni del marrone. Si possono notare piccoli cristalli di biotite in Fig.7.12a, b.

Dolomia Principale (DPR) (campione 14)

Struttura macroscopica: Il campione si presenta compatto, non si notano fratture. Reagisce moderatamente all'acido cloridrico, evidenziando quindi la presenza un piccola quantità di calcite.



Fig.7.15a, b: Struttura macroscopica del campione. (a) superficie parallela alla foliazione, (b) sezione ortogonale alla superficie di foliazione.

Struttura microscopica: Struttura cristallina diagenetica. Secondo la classificazione di *Dunham* può essere classificata come *grainstone-packstone* dolomitizzato.

Nel campione si possono notare dei piccoli “fantasmi” di fango micritico (di colore più scuro) ormai completamente sostituito da dolomite. Tali elementi sono spesso orientati (Fig.7.16). Si riconoscono inoltre frammenti di fossili, fra i quali sono riconoscibili dei foraminiferi.

Sono presenti alcune cavità riempite da cristalli dolomitici di dimensioni maggiori rispetto a quelli costituenti la roccia (Fig.7.17).

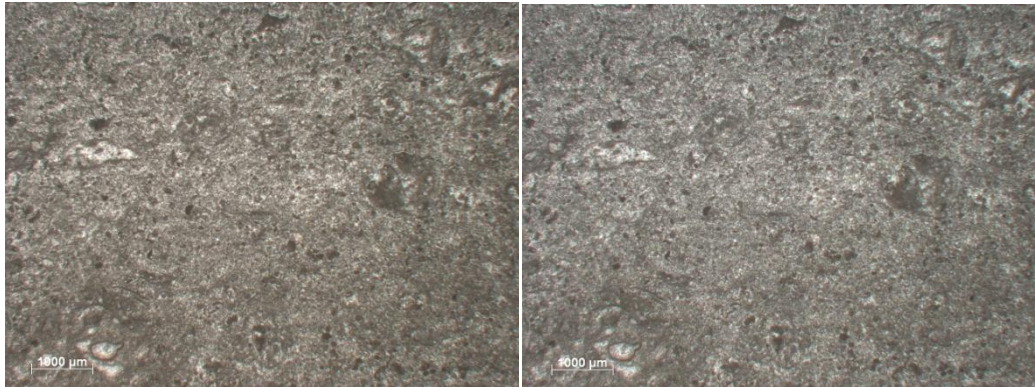


Fig.7.16a, b: (a) Leggera orientazione circa E-W a nicol paralleli, (b) a nicol incrociati

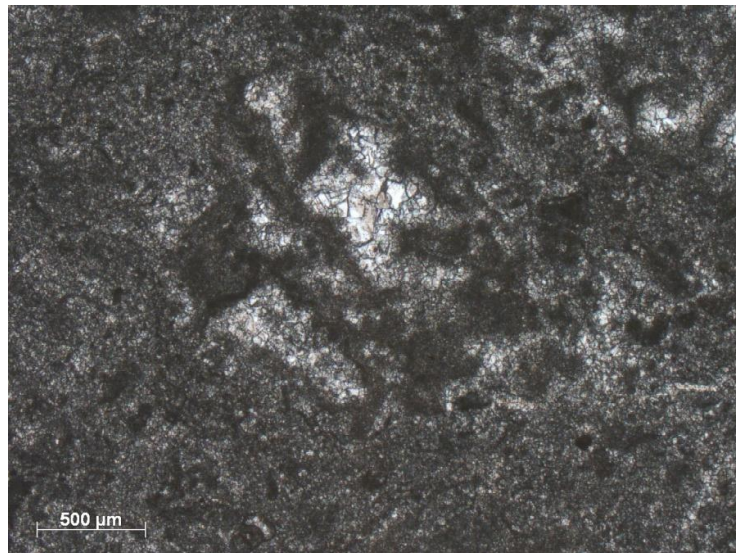


Fig. 7.17 14 Si notano dei riempimenti di cavità con cristalli di dolomite

8 Conclusioni

Il presente lavoro di tesi può essere considerato una prima proposta metodologica di carattere preliminare di analisi termofisica delle matrici naturali per la valutazione delle potenzialità geotermiche di bassa entalpia di un'area montana. E' stata scelta come sito di studio la Val Rendena in quanto rappresentativa di un settore litologicamente differenziato e mai studiato precedentemente dal punto di vista dell'assetto termico.

Trattandosi di uno studio di carattere preliminare, costituendo il primo esempio a livello alpino e vista la scarsità di dati di base (soprattutto per quanto riguarda le caratteristiche delle acque superficiali e sotterranee) sono stati ottenuti risultati parziali, che però possono costituire un nucleo di partenza informativa fondamentale per un necessario futuro approfondimento. L'analisi termoclimatica, effettuata allo scopo di identificare le forzanti climatiche sull'assetto termico del sottosuolo, ha dimostrato una buona correlazione con i risultati ottenuti da vari autori, evidenziando che la metodologia di analisi adottata risulta confrontabile. Sarà comunque necessario effettuare uno studio di carattere microclimatico di approfondimento che consentirebbe di raggiungere livelli di dettaglio più elevati, considerando anche l'assetto micro-morfologico. Tale approccio sarà comunque caratterizzato da un livello di scala e di generalizzazione e potrà essere dedicato a focalizzare la valutazione termica in aree molto ristrette.

Inoltre, la possibilità di effettuare campagne di rilevamento delle temperature delle sorgenti, ad esempio, potrà consentire di ottenere ulteriori informazioni sul ruolo "idro-termico" giocato dalle strutture tettoniche principali e dai grandi plutoni che insistono nell'area di studio.

Per quanto riguarda l'analisi dei risultati ottenuti dallo studio delle proprietà termofisiche dei materiali naturali, litici e non, si è potuto constatare che l'area di interesse presenta un elevato potenziale ai fini dell'impiego di tecnologie geotermiche dedicate al riscaldamento degli edifici. Gli ulteriori approfondimenti che si ritengono necessari per completare il quadro conoscitivo dal punto di vista

termico prevederebbero la realizzazione di analisi di densità e porosità sui campioni rocciosi ed uno studio mineralogico-petrografico di dettaglio per valutare i contributi, anche a livello mesoscopico e microscopico nella definizione delle proprietà termiche delle rocce, delle fasi minerali e delle tessiture, verificandone inoltre le influenze della porosità e delle capacità di saturazione dei pori. Un ulteriore *upgrade* dello studio presentato potrebbe essere costituito dall'analisi a livello tridimensionale della distribuzione dei parametri termofisici, considerando la terza dimensione (in profondità) e valutando i contributi delle singole litologie, superando i limiti della analisi qui condotta, che ha considerato, in prima ipotesi semplificativa, i soli livelli in affioramento ed ipotizzandone la continuità per la profondità di un centinaio di metri, valore tipico a cui si spingono le sonde di scambio termico nel sottosuolo. Lo studio della potenzialità del territorio di accumulare calore solare estivo nel sottosuolo per un conveniente utilizzo per il riscaldamento invernale degli edifici, potrà essere ulteriore oggetto di studio partendo dal livello conoscitivo raggiunto dal presente studio.

Considerate le caratteristiche dell'area di indagine e le esperienze europee nell'ambito del recupero termico da cavità in roccia (gallerie, tunnel ferroviari, condotte idrauliche, etc.), nonché la presenza di una estesa rete di gallerie di derivazione dell'Enel, potrebbe essere di grande interesse poter approfondire le potenzialità di utilizzo geotermico di tali strutture. A titolo di esempio viene riportata in Allegato 4 la rete delle gallerie Enel che attraversano i versanti, con un percorso che supera i 30 Km.

Inoltre vista l'abbondanza di specchi lacustri sarebbe interessante valutarne le caratteristiche termofisiche utili alla valutazione del loro potenziale utilizzo a fini geotermici di bassa entalpia.

Una campagna di monitoraggio dei parametri indicativi di eventuali circolazioni profonde e termicamente interessanti delle sorgenti potrebbe inoltre fornire indicazioni di interesse per la ricerca di aree di anomalia termica correlata alla presenza di acque a livelli termici utili

9 Bibliografia

Antolini, Mario, Parisi, Bruno "Le Giudicarie Pagine sparse fra storia e geografia"
Antolini Tipografia, (2013)

Baldassari, Giada. "Analisi del potenziale di geoscambio dell area compresa nel Foglio 060 Trento del CARG". *Università degli studi di Padova*, 2012

Banks, David. "An introduction to thermogeology: ground source heating and cooling". *John Wiley & Sons*, 2012.

Bertotti, Giovanni, et al. "From rifting to drifting: tectonic evolution of the South-Alpine upper crust from the Triassic to the Early Cretaceous." *Sedimentary Geology* 86.1 (1993): 53-76.

Boriani, A., and E. G. Origoni. "Heat transfer in the thermo-metamorphic aureole of the northeastern sector of Mt. Adamello (Trento-Italy)." *Rendiconti della Societa Italiana di Mineralogia e Petrologia* 38 (1982): 1351-1360.

Castellarin, A. "Ipotesi paleogeografica sul bacino del flysh sudalpino cretacico"
Boll. Soc. Geol. It 95(1977) 501-511

Castellarin, A. "La scarpata tettonica mesozoica Ballino-Garda (fra Riva e il Gruppo di Brenta)." *Guida alla geologia del Sudalpino centro-orientale: Guide Geologiche Regionali della Societa Geologica Italiana* (1982): 79-95.

Castellarin, A., and V. Picotti. "Jurassic tectonic framework of the eastern border of the Lombardian basin." *Eclogae Geologicae Helvetiae* 83.3 (1990): 683-700.

Castellarin, A., Dal Piaz, G. V., Picotti, V., Selli, L., Cantelli, L., Martin, S., ... & Nardin, M. (2005). "Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, Foglio 059 Tione di Trento". *Provincia Autonoma di Trento, Trento*.

Claps, Pierluigi, Pietro Giordano, and Giovanni Laguardia. "Analisi quantitativa della distribuzione spaziale delle temperature medie in Italia." *Rapporto, rapporto del progetto: "Progettazione di un database nazionale dei dati idrologici e climatologici" GNDCI 22* (2003).

Clauser, Christoph, and Ernst Huenges. "Thermal conductivity of rocks and minerals." *AGU reference shelf* 3 (1995): 105-126.

Dal Piaz, G. V., Castellarin, A., Martin, S., Selli, L., Carton, A., Pellegrini, G. B., ... & Cantelli, L. (2007). "Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000, Foglio 042 Malè". *Provincia Autonoma di Trento, Servizio Geologico. APAT, Servizio Geologico d'Italia, Roma*.

Gallottini, D. "Analisi del Potenziale di Geoscambio in Alto-Adige nei sistemi di climatizzazione accoppiati a pompe di calore." *Università degli studi di Padova* (2010)

Giorio, L., "Studio geologico del basamento della media val Rendena" *Università degli studi di Padova* (1995)

Gong, Gangyan. "Physical properties of alpine rocks: a laboratory investigation." (2005).

Hartmann, Andreas, Renate Pechinig, and Christoph Clauser. "Petrophysical analysis of regional-scale thermal properties for improved simulations of geothermal installations and basin-scale heat and fluid flow." *International Journal of Earth Sciences* 97.2 (2008): 421-433.

Lavader, "Caratterizzazione idrogeochimica delle acque sotterranee del territorio della provincia di Trento." *Università Cà Foscari di Venezia* (2006)

Jones, M. Q. W. "Thermal properties of stratified rocks from Witwatersrand gold mining areas." *Journal-South African Institute of Mining and Metallurgy* 103.3 (2003): 173-186.

Kahramana, H.T, R. Selverb, E.C. I-sıka. "Determination of the thermal conductivity of rock from P-wave velocity. " *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 41 (2004) 703–708.

Lim, Kyoungbin, Sanghoon Lee, and Changhee Lee. "An experimental study on the thermal performance of ground heat exchanger." *Experimental thermal and fluid science* 31.8 (2007): 985-990.

Mayer, A., Cortiana, G., Dal Piaz, G. V., Deloule, E., De Pieri, R., & Jobstraibizer, P. (2003). "U–Pb single zircon ages of the Adamello batholith, Southern Alps". *Mem. Sci. Geol*, 55, 151-167.

Mottaghy, D., et al. "New heat flow data from the immediate vicinity of the Kola super-deep borehole: Vertical variation in heat flow confirmed and attributed to advection." *Tectonophysics* 401.1 (2005): 119-142.

Pasquale, V., et al. "Thermophysical properties of the Po Basin rocks." *Geophysical Journal International* 186.1 (2011): 69-81.

Picotti, Vincenzo, Giacomo Prosser, and Alberto Castellarin. "Structures and kinematics of the Giudicarie-Val Trompia fold and thrust belt (Central Southern Alps, northern Italy)." *Mem. Sci. Geol* 47 (1995): 95-109.

Pollack, Henry N., Suzanne J. Hurter, and Jeffrey R. Johnson. "Heat flow from the Earth's interior: Analysis of the global data set." *Reviews of Geophysics* 31.3 (1993): 267-280.

Renate Pechinig, Darius Mottaghy, Andreas Koch, Rachel Jorand, Christoph Clauser. "Prediction of Thermal Properties for Mesozoic Rocks of Southern Germany". *Geophysica Beratungsgesellschaft mbH*

Tomasi, Gino. "I laghi del Trentino." *Casa editrice G.Battista Monauni*, (1963) Trento;

Trevisan, L. "Il Gruppo di Brenta:(Trentino occidentale) " *Mem. Ist. Geol. Univ. Padova*, 13 (1939):1-128

Viesi, Diego. "Analisi del potenziale di geoscambio della Bassa Valle del Fiume Sarca tra Arco e Riva del Garda – Trentino" *Università degli studi di Padova* (2012)

Yaşar, E., Y. Erdoğan, and H. Güneyli. "Determination of the thermal conductivity from physico-mechanical properties." *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 67.2 (2008): 219-225.

Van der Plas, L., and A. C. Tobi. "A chart for judging the reliability of point counting results." *American Journal of Science* 263.1 (1965): 87-90.

Zattin, M., et al. "Intrusioni multiple nell'area del Corno Alto, massiccio dell'Adamello." *Atti Ticinensi Sci. Terra (Ser. Spec.)* 3 (1995): 45-56.

9.1 Web-bibliografia

www.geothermal-energy.org

www.vigor-geotermia.it

<http://geologia-e.igg.cnr.it>

pcfarina.eng.unipr.it

www.vigor-geotermia.it

www.groundhet.it

www.casainnovativa.com

www.sienergia.eu

www.geonovis.com

www.luxuryinterior.it

www.genesisrl.it

Allegati

- 1 Dati di temperatura delle sorgenti
- 2 Dati chimici delle sorgenti
- 3 Schede dei campioni analizzati
- 4 Rete gallerie Enel
- 5 Modulo di comunicazione preventiva
- 6 Modulo di comunicazione di fine lavori
- 7 Schema Iter amministrativo
- 8 Foglio 059 Tione di Trento
- 9 Foglio 042 Malè
- 10 Foglio 058 Adamello
- 11 Tavola 41 Madonna di Campiglio

1 Dati di temperatura delle sorgenti

Nella Tabella sottostante sono presenti le sorgenti che presentano almeno un dato di temperatura (196).

| ID | Data | T(°C) |
|------|------------|-------|
| 4648 | '18-09-80' | 5 |
| 4648 | '16-04-81' | 2 |
| 4651 | '22-06-76' | 8,5 |
| 5397 | '16-04-85' | 9,4 |
| 5397 | '24-01-89' | 9,6 |
| 5397 | '26-04-89' | 9,5 |
| 5397 | '13-10-77' | 9,2 |
| 5398 | '08-06-95' | 8,8 |
| 5398 | '11-12-95' | 9,6 |
| 5398 | '15-03-95' | 8,8 |
| 5398 | '26-08-04' | 8,7 |
| 5404 | '27-10-80' | 10 |
| 5404 | '08-06-82' | 10,3 |
| 5411 | '27-08-92' | 12,2 |
| 5413 | '08-10-91' | 8,3 |
| 5413 | '08-10-91' | 7,7 |
| 5413 | '10-08-06' | 7,3 |
| 5417 | '17-04-85' | 8 |
| 5417 | '27-08-92' | 8,3 |
| 5428 | '14-03-91' | 5,7 |
| 5428 | '19-10-90' | 5,8 |
| 5497 | '11-05-87' | 8,2 |
| 5497 | '11-04-89' | 8 |
| 5497 | '02-05-90' | 8,4 |
| 5497 | '02-05-90' | 8,4 |
| 5497 | '10-03-97' | 8,6 |
| 5497 | '18-05-99' | 8,6 |
| 5498 | '30-07-87' | 10,6 |
| 5498 | '11-04-89' | 9,8 |
| 5498 | '02-05-90' | 10 |
| 5498 | '16-09-86' | 10,5 |
| 5498 | '06-10-86' | 10,9 |
| 5509 | '11-04-88' | 8,8 |
| 5509 | '17-12-76' | 2 |
| 5509 | '12-06-76' | 10 |
| 5509 | '10-04-96' | 9 |
| 5509 | '10-04-96' | 9 |
| 5509 | '29-11-01' | 8,8 |
| 5515 | '17-08-87' | 8,3 |
| 5515 | '11-04-89' | 8,6 |
| 5515 | '30-07-87' | 8,8 |
| 5515 | '06-08-90' | 8 |
| 5515 | '02-05-90' | 8,7 |
| 5515 | '04-12-86' | 8,4 |
| 5515 | '06-10-86' | 9 |
| 5515 | '16-09-86' | 9 |
| 5515 | '09-09-86' | 8,8 |
| 5515 | '31-07-86' | 8 |
| 5515 | '08-06-82' | 8,6 |
| 5515 | '09-09-81' | 9 |
| 5515 | '10-03-97' | 8 |
| 5515 | '24-07-07' | 9 |
| 5516 | '09-09-86' | 9,2 |
| 5516 | '09-09-86' | 9,2 |
| 5516 | '16-09-86' | 9,3 |
| 5516 | '16-09-86' | 9,3 |
| 5516 | '06-10-86' | 9,4 |
| 5516 | '08-06-82' | 8 |
| 5516 | '17-09-81' | 9,5 |
| 5516 | '04-12-86' | NaN |
| 5517 | '16-09-86' | 9,3 |
| 5543 | '11-05-89' | 5,6 |
| 5543 | '30-07-87' | 6 |
| 5543 | '16-05-88' | 5,5 |
| 5543 | '08-05-85' | 3,5 |
| 5543 | '12-06-91' | 5,9 |
| 5543 | '15-05-90' | 5,7 |
| 5543 | '02-06-92' | 5,9 |
| 5543 | '19-05-83' | 5 |
| 5543 | '10-05-81' | 5 |
| 5543 | '08-06-76' | 6 |
| 5543 | '22-06-94' | 6,2 |
| 5543 | '24-05-95' | 6 |
| 5545 | '12-06-91' | 6,5 |
| 5550 | '05-05-87' | 8,5 |
| 5550 | '02-06-92' | 8,8 |
| 5550 | '22-10-96' | 9 |
| 5553 | '24-06-08' | 10,2 |
| 5554 | '18-05-82' | 8,4 |
| 5554 | '24-10-02' | 8,4 |
| 5555 | '05-05-87' | 7,8 |
| 5555 | '10-10-84' | 8 |
| 5555 | '19-06-84' | 8 |
| 5555 | '05-11-02' | 8,1 |
| 5555 | '21-08-08' | 8,6 |
| 5555 | '05-03-08' | 8,3 |
| 5560 | '02-04-87' | 5 |
| 5560 | '14-05-71' | 5,6 |
| 5560 | '25-03-02' | 4,7 |
| 5561 | '02-04-87' | 5,2 |
| 5561 | '14-05-71' | 5,5 |
| 5561 | '25-03-02' | 5,1 |
| 5568 | '29-06-05' | 7 |
| 5587 | '11-05-89' | 8,3 |
| 5587 | '04-10-84' | 10 |
| 5587 | '04-10-84' | 10 |
| 5587 | '03-12-81' | 8,1 |
| 5588 | '24-05-88' | 7 |
| 5588 | '13-11-84' | 6,8 |
| 5588 | '25-08-72' | 6,8 |
| 5588 | '04-09-07' | 7,5 |
| 5600 | '14-01-81' | 2,5 |
| 5604 | '22-10-87' | 4,2 |
| 5604 | '29-01-02' | 4,6 |
| 5909 | '17-09-91' | 6,1 |
| 5909 | '13-05-91' | NaN |
| 5909 | '15-07-91' | 5,9 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 5909 | '29-08-07' | 7,6 |
| 5909 | '21-05-09' | 5,8 |
| 6014 | '21-06-89' | 4,4 |
| 6014 | '13-10-77' | 4,8 |
| 6015 | '21-06-89' | 4,2 |
| 6015 | '13-10-77' | 4 |
| 6019 | '30-01-90' | 8,2 |
| 6019 | '24-01-89' | 8,4 |
| 6019 | '12-10-88' | 8,5 |
| 6019 | '07-11-90' | 8,5 |
| 6019 | '13-10-77' | 8,3 |
| 6019 | '27-10-80' | 8,7 |
| 6038 | '18-04-00' | 4,1 |
| 6042 | '27-04-87' | 4 |
| 6042 | '01-07-85' | 5 |
| 6042 | '30-01-90' | 4,5 |
| 6042 | '20-07-92' | 6,4 |
| 6042 | '24-07-91' | 6,5 |
| 6042 | '27-04-87' | NaN |
| 6042 | '27-12-84' | 6 |
| 6042 | '27-10-80' | 7,4 |
| 6042 | '08-06-82' | 4,8 |
| 6042 | '13-05-73' | 4 |
| 6042 | '10-02-93' | 4,2 |
| 6042 | '22-01-02' | 5,1 |
| 6042 | '07-05-08' | 4,8 |
| 6047 | '22-08-96' | 6,3 |
| 6047 | '28-09-95' | 6,3 |
| 6047 | '08-04-97' | 5,2 |
| 6047 | '27-11-01' | 5,5 |
| 6048 | '01-07-85' | 4,8 |
| 6051 | '30-01-90' | 9,1 |
| 6051 | '07-11-90' | 9,2 |
| 6051 | '24-07-91' | NaN |
| 6051 | '08-06-82' | 8,7 |
| 6051 | '27-10-80' | 9,2 |
| 6051 | '08-06-95' | 9 |
| 6051 | '08-07-09' | 9,3 |
| 6064 | '18-11-97' | 5,2 |
| 6065 | '18-11-97' | 5 |
| 6065 | '15-07-81' | 5 |

| | | |
|------|------------|------|
| 6069 | '10-07-95' | 5,8 |
| 6069 | '31-10-95' | 6,6 |
| 6069 | '30-07-08' | 6,4 |
| 6070 | '10-07-95' | 6,1 |
| 6070 | '31-10-95' | 6,8 |
| 6070 | '11-10-02' | 6,1 |
| 6070 | '11-07-06' | 6,1 |
| 6070 | '04-09-07' | 6,5 |
| 6071 | '10-07-95' | 5,8 |
| 6071 | '31-10-95' | 6,7 |
| 6071 | '18-04-07' | 6,4 |
| 6095 | '30-11-89' | 7,5 |
| 6095 | '19-07-87' | 8,8 |
| 6095 | '22-08-90' | 11,1 |
| 6095 | '10-09-86' | 9 |
| 6095 | '29-09-81' | 8,6 |
| 6095 | '05-12-95' | 8,5 |
| 6095 | '08-08-06' | 10,4 |
| 6095 | '08-07-09' | 9 |
| 6096 | '22-08-90' | 9,1 |
| 6096 | '30-11-89' | 8,6 |
| 6096 | '29-09-81' | 9 |
| 6097 | '27-08-87' | 5,6 |
| 6097 | '15-06-88' | 6,3 |
| 6097 | '11-04-88' | 5,5 |
| 6097 | '15-06-88' | 6,3 |
| 6097 | '27-07-87' | 6,2 |
| 6097 | '10-09-86' | 6,2 |
| 6097 | '08-07-09' | 6,3 |
| 6113 | '14-11-85' | 11 |
| 6114 | '07-11-85' | 8,8 |
| 6121 | '19-05-83' | 8,5 |
| 6121 | '01-06-83' | NaN |
| 6128 | '19-11-87' | 4,6 |
| 6128 | '26-08-80' | 6 |
| 6128 | '16-10-07' | 5,6 |
| 6129 | '28-06-88' | 4 |
| 6129 | '19-11-87' | 3,9 |
| 6129 | '13-10-88' | 5,3 |
| 6129 | '14-09-92' | 5 |
| 6129 | '26-08-80' | 5 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 6129 | '16-10-07' | 5,4 |
| 6133 | '14-06-99' | 5,3 |
| 6134 | '07-10-97' | 8,5 |
| 6134 | '19-05-98' | 3,9 |
| 6134 | '24-06-98' | 7,9 |
| 6134 | '28-07-98' | 9,8 |
| 6152 | '14-11-84' | 6 |
| 6152 | '18-09-84' | 6 |
| 6152 | '17-11-88' | 6 |
| 6152 | '09-11-00' | 6,8 |
| 6152 | '08-11-05' | NaN |
| 6160 | '25-08-87' | 6,9 |
| 6160 | '01-08-84' | 6,5 |
| 6160 | '30-09-87' | 6,8 |
| 6160 | '17-01-89' | 4,9 |
| 6160 | '05-11-92' | 7 |
| 6160 | '19-03-90' | 5,8 |
| 6160 | '29-06-83' | 5,5 |
| 6160 | '09-09-82' | 7 |
| 6160 | '09-02-81' | 4 |
| 6160 | '23-09-80' | 7 |
| 6160 | '29-08-80' | 8 |
| 6160 | '21-10-80' | 6,5 |
| 6160 | '26-08-80' | 8 |
| 6160 | '23-12-80' | NaN |
| 6160 | '23-12-80' | 5,1 |
| 6160 | '04-07-86' | 5,4 |
| 6160 | '12-01-83' | 6 |
| 6160 | '06-05-08' | 6,8 |
| 6162 | '10-08-82' | 8 |
| 6162 | '25-05-10' | 6,2 |
| 6162 | '19-10-10' | 6,5 |
| 6162 | '17-05-11' | 6,3 |
| 6162 | '18-10-11' | 6,6 |
| 6162 | '30-05-12' | 6,5 |
| 6162 | '21-11-12' | 6,7 |
| 6168 | '10-08-82' | 6,1 |
| 6169 | '10-08-82' | 6,1 |
| 6171 | '11-10-05' | 6,6 |
| 6235 | '26-10-05' | 4,8 |
| 6245 | '11-06-86' | 2,5 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 6245 | '24-11-77' | 3 |
| 6245 | '21-08-80' | 7 |
| 6245 | '17-10-07' | 5,5 |
| 6273 | '18-06-90' | 6,5 |
| 6273 | '02-08-90' | 7,5 |
| 6275 | '19-03-90' | 8,7 |
| 6277 | '26-10-93' | 5,4 |
| 6277 | '17-01-89' | NaN |
| 6278 | '17-01-89' | NaN |
| 6278 | '04-11-82' | 6,5 |
| 6278 | '26-10-93' | 6 |
| 6280 | '22-07-10' | 5,3 |
| 6280 | '24-11-10' | 4,7 |
| 6287 | '06-08-92' | 4,3 |
| 6287 | '16-07-80' | 3,5 |
| 6287 | '16-06-80' | 4 |
| 6287 | '25-06-78' | 4,5 |
| 6287 | '07-09-72' | 4 |
| 6287 | '07-09-72' | 4,2 |
| 6287 | '15-02-94' | 4 |
| 6287 | '01-12-94' | 4,5 |
| 6287 | '19-01-99' | 4 |
| 6287 | '25-07-07' | 4,7 |
| 6289 | '07-09-72' | 8 |
| 6289 | '25-06-78' | 5,5 |
| 6289 | '07-01-87' | 5,5 |
| 6291 | '06-08-92' | 5,2 |
| 6291 | '16-06-82' | 6 |
| 6291 | '17-12-81' | 5 |
| 6291 | '06-08-80' | 5 |
| 6291 | '13-09-78' | 5 |
| 6291 | '15-02-94' | 4,9 |
| 6291 | '01-12-94' | 5,5 |
| 6291 | '15-12-98' | 5,1 |
| 6291 | '11-11-98' | 5,2 |
| 6291 | '13-10-98' | 5,2 |
| 6291 | '22-09-98' | 5,2 |
| 6291 | '25-08-98' | 5,1 |
| 6291 | '17-03-98' | 5,1 |
| 6291 | '02-12-97' | 5,1 |
| 6291 | '04-11-97' | 5,1 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 6291 | '13-01-98' | 5,2 |
| 6291 | '18-02-98' | 5,1 |
| 6291 | '22-04-98' | 3,8 |
| 6291 | '19-05-98' | 5,7 |
| 6291 | '17-06-98' | 5,1 |
| 6291 | '21-07-98' | 5,1 |
| 6291 | '19-01-99' | 5 |
| 6291 | '16-02-99' | 5,1 |
| 6291 | '14-04-99' | 5,1 |
| 6291 | '18-05-99' | 5,1 |
| 6291 | '15-06-99' | 5,1 |
| 6291 | '20-07-99' | 5,1 |
| 6291 | '17-08-99' | 5,2 |
| 6291 | '15-09-99' | 5,2 |
| 6291 | '04-12-01' | 5 |
| 6291 | '02-07-02' | 5,1 |
| 6291 | '05-12-02' | 5,1 |
| 6291 | '03-06-03' | 5,1 |
| 6296 | '05-07-94' | 5,8 |
| 6296 | '18-06-90' | 5 |
| 6296 | '02-08-90' | 6,5 |
| 6296 | '22-08-96' | 6,9 |
| 6326 | '17-06-98' | 3,6 |
| 6326 | '17-03-98' | 3,6 |
| 6326 | '25-08-98' | 3,6 |
| 6326 | '22-09-98' | 3,7 |
| 6326 | '13-10-98' | 3,7 |
| 6326 | '11-11-98' | 3,7 |
| 6326 | '15-12-98' | 3,7 |
| 6326 | '04-11-97' | 3,8 |
| 6326 | '13-01-98' | 3,6 |
| 6326 | '18-02-98' | 3,6 |
| 6326 | '22-04-98' | 3,8 |
| 6326 | '19-05-98' | 4,1 |
| 6326 | '21-07-98' | 3,4 |
| 6326 | '19-01-99' | 3,4 |
| 6326 | '16-02-99' | 3,4 |
| 6326 | '23-03-99' | 3,4 |
| 6326 | '14-04-99' | 3,8 |
| 6326 | '18-05-99' | 3,6 |
| 6326 | '15-06-99' | 3,4 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 6326 | '20-07-99' | 3,4 |
| 6326 | '17-08-99' | 3,6 |
| 6326 | '15-09-99' | 3,6 |
| 6335 | '26-10-05' | 4,4 |
| 6345 | '17-08-05' | 5,7 |
| 6354 | '30-08-05' | 5,3 |
| 6618 | '06-08-85' | 6,3 |
| 6618 | '13-05-92' | 6 |
| 6618 | '09-10-85' | 6,3 |
| 6618 | '11-11-70' | 6,6 |
| 6618 | '01-07-77' | 6,5 |
| 6618 | '30-10-96' | 6,9 |
| 6618 | '21-08-07' | 7,2 |
| 6618 | '15-11-10' | 6,5 |
| 6621 | '22-09-93' | 7,5 |
| 6621 | '19-03-07' | 6,2 |
| 6627 | '06-08-98' | 9,4 |
| 6630 | '19-03-07' | 3,2 |
| 6631 | '30-08-05' | 5,7 |
| 6635 | '16-02-82' | 7,6 |
| 6638 | '01-12-05' | 6 |
| 6638 | '15-05-06' | 7 |
| 6638 | '28-08-06' | 7,2 |
| 6638 | '03-01-07' | 7 |
| 6639 | '09-01-89' | 5 |
| 6639 | '03-04-91' | 6,6 |
| 6639 | '20-03-91' | 6,3 |
| 6639 | '11-07-94' | 7,8 |
| 6640 | '09-01-89' | 3 |
| 6642 | '30-05-84' | 6,8 |
| 6642 | '30-08-95' | 7,3 |
| 6642 | '21-09-88' | 7,3 |
| 6642 | '19-05-83' | 6,2 |
| 6643 | '21-09-88' | 8,3 |
| 6643 | '30-05-84' | NaN |
| 6643 | '30-08-95' | 8,2 |
| 6643 | '19-05-83' | NaN |
| 6643 | '19-05-83' | NaN |
| 6643 | '21-09-88' | 8,2 |
| 6644 | '19-05-83' | 6,2 |
| 6644 | '30-05-84' | NaN |

| | | |
|------|------------|-----|
| 6644 | '21-09-88' | 7 |
| 6644 | '30-08-95' | 7,3 |
| 6648 | '05-05-97' | 5,2 |
| 6648 | '07-08-97' | 6,1 |
| 6648 | '03-11-97' | 5,8 |
| 6649 | '02-01-89' | 5,5 |
| 6649 | '05-05-97' | 5,3 |
| 6649 | '07-08-97' | 6,2 |
| 6649 | '03-11-97' | 5,7 |
| 6650 | '10-10-05' | 7,1 |
| 6650 | '23-05-06' | 5,3 |
| 6650 | '28-08-06' | 5,7 |
| 6650 | '08-02-07' | 5,6 |
| 6651 | '10-10-05' | 6,5 |
| 6651 | '23-05-06' | 5,8 |
| 6651 | '28-08-06' | 6,1 |
| 6651 | '08-02-07' | 6 |
| 6652 | '20-11-84' | 6 |
| 6652 | '21-08-06' | 6,2 |
| 6658 | '13-11-84' | 6,2 |
| 6658 | '24-05-88' | 6,2 |
| 6659 | '24-05-88' | 6,4 |
| 6659 | '13-11-84' | 6,2 |
| 6660 | '20-11-84' | 6 |
| 6660 | '10-06-72' | 5,5 |
| 6660 | '26-10-71' | 6,4 |
| 6660 | '23-06-08' | 5,6 |
| 6661 | '20-11-84' | 6 |
| 6661 | '23-06-08' | 5,7 |
| 8536 | '20-02-89' | 4,8 |
| 8536 | '07-11-90' | 5,1 |
| 8536 | '23-08-78' | 7 |
| 8536 | '05-05-99' | 5,5 |
| 8536 | '25-11-99' | 4,2 |
| 8536 | '22-07-08' | 7,3 |
| 8538 | '21-09-95' | 4,2 |
| 8582 | '20-11-84' | 6 |
| 8582 | '10-06-72' | 6,1 |
| 8582 | '26-10-71' | 6,6 |
| 8582 | '07-08-07' | 7,7 |
| 8586 | '20-11-84' | 5,5 |

| | | |
|------|------------|------|
| 8586 | '27-10-73' | 6 |
| 8588 | '20-11-84' | 5,5 |
| 8588 | '23-06-08' | 5,6 |
| 8589 | '20-11-84' | 5,5 |
| 8589 | '27-10-73' | 5 |
| 8590 | '11-04-88' | 5,8 |
| 8590 | '27-07-87' | 6 |
| 8590 | '10-09-86' | 6,2 |
| 8592 | '22-03-91' | 8 |
| 8596 | '11-07-06' | 9,4 |
| 8596 | '24-06-08' | 10,4 |
| 8947 | '04-09-00' | 2,5 |
| 9015 | '31-08-05' | 5,9 |
| 9060 | '11-10-05' | 10,3 |
| 9064 | '30-01-90' | 4,7 |
| 9064 | '07-11-90' | 7,8 |
| 9064 | '26-11-91' | 6,8 |
| 9064 | '27-12-84' | 4,8 |
| 9064 | '27-10-80' | 7,2 |
| 9083 | '05-05-87' | 6,4 |
| 9089 | '11-04-89' | 9,5 |
| 9089 | '02-05-90' | 9,8 |
| 9089 | '06-10-86' | 10 |
| 9089 | '30-07-87' | 10,1 |
| 9089 | '18-04-07' | 9,8 |
| 9091 | '02-05-90' | 8,5 |
| 9091 | '02-05-90' | 8,5 |
| 9091 | '10-03-97' | 8,7 |
| 9091 | '18-05-99' | 8,6 |
| 9091 | '18-05-99' | 8,7 |
| 9093 | '31-03-87' | 7,7 |
| 9115 | '19-06-07' | 5,5 |
| 9116 | '17-10-07' | 6,7 |
| 9122 | '13-08-86' | 2 |
| 9127 | '04-02-88' | 8,3 |
| 9127 | '21-03-91' | 8,8 |
| 9127 | '16-12-86' | 9,8 |
| 9128 | '04-02-88' | 8,7 |
| 9128 | '21-03-91' | 9,3 |
| 9128 | '16-12-86' | 9 |
| 9128 | '23-06-82' | 9,1 |

| | | |
|------|------------|------|
| 9128 | '10-08-06' | 9,9 |
| 9128 | '10-07-07' | 10,1 |
| 9129 | '08-10-91' | 7,9 |
| 9129 | '08-10-91' | 7,7 |
| 9129 | '19-06-07' | 8,4 |
| 9134 | '17-03-97' | 5,3 |
| 9135 | '22-05-91' | 5,2 |
| 9135 | '19-03-07' | 3,8 |
| 9136 | '02-04-87' | 5,5 |
| 9136 | '25-03-02' | 6,1 |
| 9136 | '25-07-07' | 7,9 |
| 9138 | '10-09-86' | 7,5 |
| 9140 | '23-06-87' | 6,6 |
| 9140 | '17-01-89' | 5,8 |
| 9140 | '20-02-89' | 5,5 |
| 9140 | '13-03-90' | 5,3 |
| 9140 | '07-09-72' | 9,3 |
| 9140 | '26-10-82' | 7 |
| 9140 | '24-11-79' | 5 |
| 9143 | '19-11-87' | 5,8 |
| 9143 | '20-01-86' | 6 |
| 9148 | '17-01-89' | 5,9 |
| 9148 | '04-11-82' | 7 |
| 9148 | '21-08-80' | 7 |
| 9148 | '26-10-93' | 5,8 |
| 9150 | '09-02-81' | 6,5 |
| 9150 | '04-07-82' | 8,5 |
| 9151 | '25-09-07' | 8,3 |
| 9152 | '25-09-07' | 7,9 |
| 9154 | '30-07-08' | 8,7 |
| 9158 | '21-10-80' | 8,2 |
| 9158 | '19-08-80' | 9 |
| 9158 | '16-10-07' | 10,4 |
| 9160 | '19-01-89' | 3 |
| 9160 | '21-08-06' | 8 |
| 9160 | '07-08-07' | 8,5 |
| 9161 | '15-04-97' | 5,7 |
| 9246 | '23-07-81' | 3,5 |
| 9249 | '20-08-02' | 6,5 |
| 9249 | '19-11-03' | 4,6 |
| 9250 | '20-08-02' | 5,3 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 9250 | '19-11-03' | 5,5 |
| 9307 | '19-11-87' | 2 |
| 9307 | '13-10-88' | 3,4 |
| 9307 | '28-06-88' | 2,2 |
| 9307 | '14-09-92' | 5 |
| 9307 | '26-08-80' | 5 |
| 9307 | '04-11-93' | 3 |
| 9307 | '16-10-07' | 4,4 |
| 9308 | '19-11-87' | 3,7 |
| 9335 | '21-06-89' | 4,3 |
| 9335 | '13-10-77' | 4,5 |
| 9337 | '21-06-89' | 5 |
| 9337 | '13-10-77' | 5,8 |
| 9339 | '11-04-91' | 6,7 |
| 9342 | '21-06-89' | 2,7 |
| 9342 | '11-04-91' | 2,5 |
| 9342 | '17-09-91' | 4,6 |
| 9732 | '21-06-89' | 4,3 |
| 9732 | '13-10-77' | 4,5 |
| 9871 | '19-10-90' | 6,2 |
| 9871 | '14-03-91' | 5,6 |
| 9872 | '05-07-88' | 6,2 |
| 9881 | '19-11-87' | 1,5 |
| 9881 | '26-08-80' | 5,5 |
| 9895 | '03-06-91' | 6 |
| 9895 | '19-07-94' | 7,2 |
| 9895 | '09-08-94' | 7,4 |
| 9895 | '29-11-94' | 6,7 |
| 9895 | '17-08-95' | 8 |
| 9896 | '03-06-91' | 4,5 |
| 9912 | '15-05-84' | 5,5 |
| 9912 | '23-06-87' | 5 |
| 9912 | '08-05-89' | 5,5 |
| 9912 | '17-07-85' | 6 |
| 9912 | '31-05-88' | 6 |
| 9912 | '16-06-92' | 6 |
| 9912 | '29-05-91' | 6 |
| 9912 | '15-05-90' | 5,8 |
| 9912 | '14-05-86' | 5 |
| 9912 | '02-06-94' | 6 |
| 9912 | '09-06-93' | 6 |

| | | |
|------|------------|-----|
| 9912 | '13-05-96' | 6 |
| 9912 | '24-05-95' | 6,2 |
| 9912 | '13-05-97' | 6 |
| 9912 | '16-06-98' | 6 |
| 9912 | '23-05-02' | 6 |
| 9912 | '23-05-01' | 6,1 |
| 9912 | '08-06-99' | 5,9 |
| 9912 | '18-06-03' | 6,4 |
| 9912 | '09-06-04' | 6 |
| 9913 | '08-05-89' | 6 |
| 9913 | '29-05-91' | 7 |
| 9913 | '16-06-92' | 7,4 |
| 9913 | '18-06-90' | 6,5 |
| 9913 | '11-06-81' | 6 |
| 9913 | '21-05-80' | 7 |
| 9913 | '20-08-79' | 7 |
| 9913 | '28-06-77' | NaN |
| 9913 | '02-06-94' | 8 |
| 9913 | '09-06-93' | 7,5 |
| 9913 | '13-05-96' | 7,4 |
| 9913 | '24-05-95' | 7,9 |
| 9913 | '13-05-97' | 7,3 |
| 9913 | '04-07-06' | 7,7 |
| 9914 | '29-05-91' | 7,3 |
| 9914 | '24-05-90' | 7,4 |
| 9914 | '02-06-92' | 7,3 |
| 9914 | '23-05-89' | 6,5 |
| 9914 | '08-06-78' | 6,5 |
| 9914 | '02-06-94' | 7,3 |
| 9914 | '09-06-93' | 7,7 |
| 9915 | '23-05-89' | 5 |
| 9915 | '23-06-87' | 5 |
| 9915 | '29-05-91' | 5,8 |
| 9915 | '31-05-88' | 6 |
| 9915 | '22-05-79' | 4 |
| 9915 | '21-05-80' | 5,5 |
| 9915 | '19-05-83' | 5 |
| 9916 | '26-10-93' | 5,9 |
| 9916 | '25-09-07' | 6,2 |
| 9940 | '08-09-88' | 9,2 |
| 9942 | '05-05-87' | 6,8 |

| | | |
|------|------------|------|
| 9942 | '18-05-89' | 6,7 |
| 9942 | '13-06-88' | 7 |
| 9942 | '24-06-92' | 7,2 |
| 9942 | '29-05-91' | 6,8 |
| 9942 | '06-07-92' | 7,2 |
| 9942 | '02-06-92' | 6,8 |
| 9942 | '24-05-90' | 6,8 |
| 9942 | '19-06-84' | 6,9 |
| 9942 | '12-10-76' | 7 |
| 9942 | '21-07-76' | 7 |
| 9942 | '02-06-94' | 6,8 |
| 9942 | '30-05-96' | 6,9 |
| 9942 | '24-05-95' | 6,9 |
| 9942 | '29-05-97' | 6,5 |
| 9942 | '04-06-98' | 6,7 |
| 9942 | '16-05-02' | 6,8 |
| 9942 | '02-06-99' | 6,5 |
| 9942 | '09-05-00' | 6,7 |
| 9942 | '13-05-03' | 6,8 |
| 9942 | '12-07-07' | NaN |
| 9944 | '16-05-88' | 7,4 |
| 9945 | '18-09-84' | 10,5 |
| 9945 | '02-07-96' | 12,4 |
| 9945 | '19-05-98' | 11,1 |
| 9945 | '24-06-98' | 11,4 |
| 9945 | '29-04-97' | 8,8 |
| 9945 | '10-07-97' | 11,9 |
| 9945 | '07-10-97' | 12,1 |
| 9953 | '20-03-91' | 4 |
| 9954 | '21-06-89' | 6,4 |
| 9954 | '11-04-91' | 6,2 |
| 9954 | '11-04-91' | 5,7 |
| 9955 | '11-04-91' | 6,8 |
| 9973 | '03-04-91' | 6,4 |
| 9973 | '15-07-91' | 6,5 |
| 9973 | '01-07-85' | 6,1 |
| 9973 | '17-02-00' | 6,1 |
| 9973 | '04-07-07' | 6,8 |
| 9977 | '01-07-85' | 5 |
| 9977 | '21-12-93' | 5,5 |
| 9977 | '18-12-01' | 4,5 |

| | | |
|-------|------------|-----|
| 9977 | '17-02-00' | 4,5 |
| 9978 | '15-05-90' | 8,7 |
| 9978 | '16-11-77' | 8 |
| 9978 | '10-02-93' | 7,8 |
| 9997 | '25-07-90' | 6,1 |
| 9997 | '15-05-90' | 5,3 |
| 9998 | '15-05-90' | 5,6 |
| 9998 | '25-07-90' | 6 |
| 9999 | '25-07-90' | 6 |
| 9999 | '15-05-90' | 5,7 |
| 10037 | '23-05-94' | 6,8 |
| 10037 | '31-07-84' | 7 |
| 10037 | '09-08-83' | 7,5 |
| 10037 | '06-07-87' | 7 |
| 10060 | '13-08-86' | 2 |
| 10060 | '26-08-81' | 2,2 |
| 10060 | '17-07-02' | 2,6 |
| 10061 | '29-06-82' | 5 |
| 10061 | '26-10-82' | 5 |
| 10062 | '11-06-81' | 7 |
| 10062 | '21-05-80' | 7 |
| 10062 | '01-06-83' | 6,7 |
| 10062 | '19-07-77' | NaN |
| 10062 | '27-05-77' | 5,5 |
| 10062 | '28-06-79' | NaN |
| 10063 | '06-12-79' | 4,5 |
| 10077 | '09-08-94' | 5,7 |
| 10077 | '29-11-94' | 5,8 |
| 10077 | '06-12-93' | 5,3 |
| 10077 | '17-08-95' | 6 |
| 10078 | '09-08-94' | 4,9 |
| 10078 | '29-11-94' | 5,2 |
| 10078 | '29-11-93' | 4,7 |
| 10078 | '29-11-93' | 4,5 |

| | | |
|-------|------------|------|
| 10079 | '09-08-94' | 4,4 |
| 10079 | '29-11-94' | 4,6 |
| 10079 | '29-11-93' | 4 |
| 10079 | '19-10-95' | 4,4 |
| 10079 | '29-04-97' | 4,6 |
| 10079 | '07-08-07' | 4,9 |
| 10104 | '16-11-76' | 7 |
| 10213 | '29-11-94' | 6,3 |
| 10213 | '29-11-94' | 6,3 |
| 10213 | '27-12-84' | 3 |
| 10213 | '06-09-95' | 8 |
| 10213 | '06-09-95' | 8 |
| 10213 | '11-12-95' | 6,2 |
| 10213 | '11-12-95' | 6,2 |
| 10234 | '11-06-92' | 2 |
| 10275 | '19-03-90' | 7,8 |
| 10289 | '03-02-83' | 5 |
| 10315 | '16-07-81' | 2,2 |
| 10317 | '11-06-86' | 5,5 |
| 10317 | '17-07-86' | 6,5 |
| 10317 | '19-11-86' | 4 |
| 10353 | '21-09-88' | 7,7 |
| 10353 | '30-08-95' | 7,9 |
| 10354 | '30-08-95' | 10,9 |
| 10410 | '15-04-97' | 8,2 |
| 10560 | '11-05-87' | 8 |
| 10560 | '11-04-89' | 8,2 |
| 10560 | '18-05-99' | 8,8 |
| 10598 | '19-06-84' | 8 |
| 10598 | '05-11-02' | 8,7 |
| 10600 | '07-05-96' | 8,2 |
| 10600 | '14-05-71' | 8,8 |
| 10640 | '24-10-02' | 8,5 |
| 10640 | '18-07-06' | 9,4 |

| | | |
|-------|------------|------|
| 10641 | '24-10-02' | 8,6 |
| 10641 | '18-07-06' | 11,4 |
| 10641 | '05-03-08' | 8,5 |
| 10649 | '25-03-02' | 5,2 |
| 10649 | '28-08-02' | 6,3 |
| 10649 | '10-10-02' | 6,2 |
| 10649 | '18-03-03' | 5,5 |
| 10649 | '25-07-07' | 6,3 |
| 10771 | '04-07-05' | 6,2 |
| 10774 | '17-08-05' | 7 |
| 10780 | '01-09-05' | 2,9 |
| 10785 | '05-06-79' | 6,1 |
| 10785 | '28-08-06' | 6,2 |
| 10785 | '06-06-07' | 6,4 |
| 10785 | '20-03-08' | 6,1 |
| 10785 | '23-06-08' | 6,7 |
| 10786 | '05-06-79' | 5,9 |
| 10786 | '10-10-05' | 6,5 |
| 10786 | '23-05-06' | 6,2 |
| 10786 | '08-02-07' | 5,6 |
| 10786 | '06-06-07' | 7 |
| 10906 | '09-01-89' | 5 |
| 10906 | '20-03-91' | 5,3 |
| 10906 | '09-01-89' | 5 |
| 10906 | '03-04-91' | 5,8 |
| 10906 | '20-03-91' | 6,2 |
| 10906 | '03-04-91' | 6,2 |
| 10906 | '11-07-94' | 8,7 |
| 10906 | '11-07-94' | 7,2 |
| 10950 | '21-09-95' | 4,3 |
| 10955 | '13-05-03' | 7,3 |

Nella tabella sottostante si può vedere la corrispondenza tra i codici sorgenti e i codici presenti nell'asse x del grafico in Fig.5.3.1.5 (1=4538, 2=4620...)

| ID Sorg. | Codice in asse x di Fig.5.3.1.5 |
|----------|---------------------------------|
| 4648 | 1 |
| 5397 | 2 |
| 5398 | 3 |
| 5404 | 4 |
| 5413 | 5 |
| 5417 | 6 |
| 5428 | 7 |
| 5497 | 8 |
| 5498 | 9 |
| 5509 | 10 |
| 5515 | 11 |
| 5516 | 12 |
| 5543 | 13 |
| 5550 | 14 |
| 5554 | 15 |
| 5555 | 16 |
| 5560 | 17 |
| 5561 | 18 |
| 5587 | 19 |
| 5588 | 20 |
| 5604 | 21 |
| 5909 | 22 |
| 6014 | 23 |
| 6015 | 24 |
| 6019 | 25 |
| 6042 | 26 |
| 6047 | 27 |
| 6051 | 28 |
| 6065 | 29 |
| 6069 | 30 |
| 6070 | 31 |
| 6071 | 32 |
| 6095 | 33 |
| 6096 | 34 |
| 6097 | 35 |
| 6128 | 36 |
| 6129 | 37 |
| 6134 | 38 |
| 6152 | 39 |
| 6160 | 40 |
| 6162 | 41 |
| 6245 | 42 |
| 6273 | 43 |
| 6278 | 44 |

| | |
|------|----|
| 6280 | 45 |
| 6287 | 46 |
| 6289 | 47 |
| 6291 | 48 |
| 6296 | 49 |
| 6326 | 50 |
| 6618 | 51 |
| 6621 | 52 |
| 6638 | 53 |
| 6639 | 54 |
| 6642 | 55 |
| 6643 | 56 |
| 6644 | 57 |
| 6648 | 58 |
| 6649 | 59 |
| 6650 | 60 |
| 6651 | 61 |
| 6652 | 62 |
| 6658 | 63 |
| 6659 | 64 |
| 6660 | 65 |
| 6661 | 66 |
| 8536 | 67 |
| 8582 | 68 |
| 8586 | 69 |
| 8588 | 70 |
| 8589 | 71 |
| 8590 | 72 |
| 8596 | 73 |
| 9064 | 74 |
| 9089 | 75 |
| 9091 | 76 |
| 9127 | 77 |
| 9128 | 78 |
| 9129 | 79 |
| 9135 | 80 |
| 9136 | 81 |
| 9140 | 82 |
| 9143 | 83 |
| 9148 | 84 |
| 9150 | 85 |
| 9158 | 86 |
| 9160 | 87 |
| 9249 | 88 |
| 9250 | 89 |

| | |
|-------|-----|
| 9307 | 90 |
| 9335 | 91 |
| 9337 | 92 |
| 9342 | 93 |
| 9732 | 94 |
| 9871 | 95 |
| 9881 | 96 |
| 9895 | 97 |
| 9912 | 98 |
| 9913 | 99 |
| 9914 | 100 |
| 9915 | 101 |
| 9916 | 102 |
| 9942 | 103 |
| 9945 | 104 |
| 9954 | 105 |
| 9973 | 106 |
| 9977 | 107 |
| 9978 | 108 |
| 9997 | 109 |
| 9998 | 110 |
| 9999 | 111 |
| 10037 | 112 |
| 10060 | 113 |
| 10061 | 114 |
| 10062 | 115 |
| 10077 | 116 |
| 10078 | 117 |
| 10079 | 118 |
| 10213 | 119 |
| 10317 | 120 |
| 10353 | 121 |
| 10560 | 122 |
| 10598 | 123 |
| 10600 | 124 |
| 10640 | 125 |
| 10641 | 126 |
| 10649 | 127 |
| 10785 | 128 |
| 10786 | 129 |
| 10906 | 130 |

2 Dati chimici

Tabella composta dai dati chimici utilizzati per la creazione dei diagrammi del cap. 5.3.2

| Codsor | Data | Cl (meq/L) | SO ₄ (meq/L) | Ca(meq/L) | Mg(meq/L) | HCO ₃ (meq/L) | Na(meq/L) | K(meq/L) |
|--------|------------|------------|-------------------------|-----------|-----------|--------------------------|-----------|----------|
| 4651 | 22/06/1976 | 1,40 | 56,20 | 18,40 | 2,40 | 73,20 | 15,40 | 0,90 |
| 5398 | 15/03/1995 | 0,70 | 7,60 | 8,60 | 2,80 | 35,60 | 2,30 | 0,80 |
| 5398 | 08/06/1995 | 0,80 | 7,70 | 10,40 | 1,90 | 34,10 | 1,80 | 0,80 |
| 5411 | 27/08/1992 | 0,30 | 37,50 | 16,40 | 3,20 | 38,10 | 4,30 | 0,90 |
| 5417 | 27/08/1992 | 0,30 | 121,00 | 34,10 | 10,40 | 16,80 | 5,70 | 4,30 |
| 5515 | 24/07/2007 | 0,70 | 5,70 | 54,80 | 15,40 | 239,90 | 0,60 | 0,30 |
| 5550 | 22/10/1996 | 0,80 | 15,20 | 34,80 | 6,30 | 100,50 | 2,60 | 0,50 |
| 5553 | 24/06/2008 | 0,60 | 13,70 | 38,10 | 17,70 | 172,90 | 1,60 | 0,90 |
| 5554 | 18/05/1982 | 0,30 | 19,10 | 34,50 | 12,90 | 153,00 | 2,60 | 1,10 |
| 5555 | 05/11/2002 | 0,70 | 16,00 | 32,90 | 10,50 | 129,40 | 2,20 | 0,60 |
| 5555 | 21/08/2008 | 0,60 | 13,90 | 33,00 | 9,40 | 135,30 | 2,30 | 0,80 |
| 5555 | 05/03/2008 | 0,60 | 16,20 | 33,80 | 9,70 | 131,60 | 2,40 | 0,80 |
| 5568 | 29/06/2005 | 0,70 | 16,60 | 34,00 | 16,20 | 164,70 | 1,60 | 0,90 |
| 5588 | 04/09/2007 | 0,80 | 7,30 | 15,30 | 2,70 | 58,30 | 2,20 | 0,40 |
| 5909 | 29/08/2007 | 0,70 | 2,50 | 3,90 | 1,20 | 21,70 | 2,30 | 0,60 |
| 6042 | 07/05/2008 | 0,30 | 3,60 | 3,70 | 0,70 | 14,30 | 1,00 | 0,70 |
| 6047 | 28/09/1995 | 0,30 | 1,70 | 4,60 | 0,40 | 24,00 | 1,80 | 0,80 |
| 6047 | 08/04/1997 | 0,60 | 3,40 | 4,70 | 0,00 | 18,80 | 2,00 | 0,80 |
| 6051 | 08/06/1995 | 0,70 | 12,30 | 13,50 | 2,90 | 40,10 | 1,90 | 0,80 |
| 6051 | 08/07/2009 | 0,80 | 20,10 | 15,80 | 5,50 | 63,20 | 2,60 | 1,20 |
| 6065 | 15/07/1981 | 0,20 | 3,80 | 2,80 | 0,20 | 12,70 | 1,20 | 0,60 |
| 6069 | 31/10/1995 | 0,20 | 3,20 | 4,90 | 0,50 | 27,00 | 0,80 | 0,90 |
| 6069 | 30/07/2008 | 0,30 | 4,50 | 5,20 | 0,70 | 31,10 | 1,00 | 1,00 |
| 6070 | 31/10/1995 | 0,60 | 3,60 | 5,90 | 0,60 | 27,80 | 0,90 | 1,00 |
| 6070 | 10/07/1995 | 0,30 | 4,20 | 6,50 | 0,50 | 28,30 | 0,80 | 1,00 |
| 6070 | 04/09/2007 | 0,20 | 4,10 | 5,40 | 0,70 | 27,20 | 0,90 | 1,00 |
| 6071 | 10/07/1995 | 0,30 | 3,70 | 6,60 | 0,00 | 41,50 | 0,90 | 1,00 |
| 6071 | 31/10/1995 | 0,30 | 3,10 | 4,90 | 0,50 | 27,10 | 0,80 | 0,90 |
| 6071 | 18/04/2007 | 0,30 | 3,20 | 5,60 | 0,60 | 19,50 | 0,80 | 0,80 |
| 6095 | 05/12/1995 | 0,50 | 32,10 | 24,50 | 2,90 | 57,30 | 2,50 | 2,10 |
| 6095 | 08/08/2006 | 0,50 | 27,00 | 22,00 | 2,30 | 45,00 | 2,50 | 2,10 |
| 6095 | 08/07/2009 | 0,60 | 21,40 | 17,70 | 1,80 | 47,00 | 2,50 | 2,00 |
| 6097 | 08/07/2009 | 0,40 | 6,30 | 9,30 | 0,90 | 38,90 | 1,70 | 1,60 |
| 6128 | 16/10/2007 | 0,30 | 2,00 | 8,80 | 0,40 | 32,20 | 1,30 | 0,60 |
| 6129 | 26/08/1980 | 0,50 | 0,20 | 2,80 | 0,20 | 2,70 | 1,30 | 0,40 |
| 6129 | 16/10/2007 | 0,20 | 1,70 | 3,60 | 0,00 | 16,60 | 1,00 | 0,50 |
| 6134 | 19/05/1998 | 0,10 | 1,90 | 2,00 | 0,00 | 15,00 | 0,50 | 0,30 |
| 6134 | 07/10/1997 | 0,40 | 2,50 | 2,10 | 1,20 | 13,90 | 0,90 | 0,50 |

| | | | | | | | | |
|------|------------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|
| 6134 | 24/06/1998 | 0,10 | 1,90 | 1,20 | 0,20 | 14,90 | 0,20 | 0,20 |
| 6152 | 08/11/2005 | 0,40 | 1,40 | 4,60 | 0,20 | 14,60 | 0,70 | 0,70 |
| 6160 | 09/02/1981 | 0,40 | 2,90 | 4,40 | 0,70 | 13,70 | 4,20 | 0,70 |
| 6160 | 06/05/2008 | 0,40 | 2,70 | 6,10 | 0,60 | 24,60 | 1,60 | 0,80 |
| 6162 | 25/05/2010 | 0,40 | 2,20 | 7,30 | 0,70 | 21,00 | 1,70 | 1,00 |
| 6162 | 19/10/2010 | 0,40 | 2,10 | 7,90 | 0,90 | 26,00 | 1,70 | 1,00 |
| 6162 | 17/05/2011 | 0,30 | 1,90 | 7,10 | 0,70 | 22,00 | 1,80 | 1,00 |
| 6162 | 18/10/2011 | 0,30 | 2,00 | 8,00 | 0,70 | 27,00 | 1,90 | 1,00 |
| 6162 | 21/11/2012 | 0,40 | 2,00 | 7,10 | 0,60 | 23,00 | 1,70 | 1,10 |
| 6168 | 10/08/1982 | 0,50 | 4,00 | 2,80 | 0,70 | 6,20 | 1,10 | 0,00 |
| 6169 | 10/08/1982 | 0,50 | 5,00 | 2,80 | 0,20 | 5,20 | 1,00 | 0,00 |
| 6171 | 11/10/2005 | 0,50 | 1,80 | 4,80 | 0,20 | 14,60 | 1,20 | 0,80 |
| 6235 | 26/10/2005 | 0,30 | 2,00 | 4,00 | 0,30 | 13,40 | 1,20 | 0,80 |
| 6245 | 17/10/2007 | 0,20 | 1,20 | 3,30 | 0,10 | 29,90 | 0,80 | 0,50 |
| 6278 | 04/11/1982 | 0,50 | 4,00 | 14,80 | 4,90 | 56,50 | 1,60 | 0,60 |
| 6287 | 01/12/1994 | 0,60 | 1,80 | 46,50 | 10,20 | 191,00 | 0,30 | 0,20 |
| 6287 | 25/07/2007 | 0,50 | 1,90 | 45,80 | 10,70 | 191,40 | 0,30 | 0,30 |
| 6291 | 13/01/1998 | 0,30 | 3,80 | 31,80 | 7,00 | 128,00 | 0,20 | 0,20 |
| 6291 | 19/05/1998 | 1,20 | 3,20 | 47,40 | 9,50 | 190,00 | 0,40 | 0,20 |
| 6291 | 04/12/2001 | 1,80 | 2,40 | 45,60 | 12,00 | 188,00 | 0,90 | 0,00 |
| 6291 | 05/12/2002 | 1,70 | 2,50 | 45,60 | 11,60 | 189,00 | 0,60 | 0,00 |
| 6291 | 01/12/1994 | 0,90 | 2,20 | 45,80 | 10,90 | 184,50 | 0,50 | 0,30 |
| 6291 | 04/11/1997 | 1,00 | 3,50 | 44,70 | 11,50 | 187,00 | 1,30 | 0,50 |
| 6291 | 22/04/1998 | 1,10 | 3,20 | 48,20 | 9,70 | 188,00 | 0,50 | 0,40 |
| 6291 | 21/07/1998 | 1,40 | 2,40 | 49,00 | 7,00 | 192,00 | 0,60 | 0,60 |
| 6291 | 02/07/2002 | 1,70 | 2,60 | 45,20 | 12,30 | 92,00 | 0,60 | 0,00 |
| 6291 | 03/06/2003 | 1,90 | 2,50 | 47,00 | 13,00 | 201,00 | 0,60 | 0,00 |
| 6291 | 18/02/1998 | 1,30 | 3,00 | 49,10 | 8,60 | 187,60 | 1,50 | 1,00 |
| 6296 | 22/08/1996 | 1,10 | 1,60 | 41,50 | 10,10 | 169,70 | 0,40 | 0,20 |
| 6326 | 04/11/1997 | 0,20 | 2,30 | 22,80 | 9,30 | 112,00 | 1,20 | 0,70 |
| 6326 | 18/02/1998 | 0,20 | 2,00 | 27,30 | 9,20 | 128,30 | 0,40 | 0,20 |
| 6326 | 22/04/1998 | 0,10 | 2,30 | 28,60 | 7,50 | 121,00 | 0,10 | 0,10 |
| 6326 | 19/05/1998 | 0,20 | 1,90 | 19,50 | 8,70 | 101,00 | 0,10 | 0,10 |
| 6326 | 13/01/1998 | 0,30 | 3,00 | 24,80 | 9,30 | 121,00 | 0,20 | 0,10 |
| 6326 | 21/07/1998 | 0,00 | 0,70 | 14,60 | 7,00 | 73,00 | 0,20 | 0,10 |
| 6335 | 26/10/2005 | 0,40 | 1,20 | 37,00 | 10,30 | 161,00 | 0,20 | 0,20 |
| 6345 | 17/08/2005 | 0,30 | 5,40 | 32,00 | 6,50 | 119,50 | 0,30 | 0,30 |
| 6354 | 30/08/2005 | 0,40 | 3,00 | 39,00 | 8,80 | 158,60 | 0,40 | 0,30 |
| 6618 | 30/10/1996 | 0,50 | 4,90 | 39,30 | 11,30 | 168,40 | 0,40 | 0,10 |
| 6618 | 21/08/2007 | 0,40 | 5,70 | 34,90 | 15,40 | 169,90 | 0,40 | 0,20 |
| 6621 | 19/03/2007 | 0,80 | 40,60 | 48,80 | 27,40 | 253,60 | 0,60 | 0,60 |
| 6630 | 19/03/2007 | 0,80 | 4,50 | 29,20 | 14,40 | 161,30 | 1,10 | 0,40 |
| 6631 | 30/08/2005 | 0,40 | 17,50 | 37,00 | 11,60 | 147,60 | 0,50 | 0,30 |
| 6635 | 16/02/1982 | 0,70 | 3,00 | 41,50 | 23,30 | 230,90 | 1,20 | 0,60 |

| | | | | | | | | |
|-------|------------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|
| 6643 | 30/08/1995 | 0,70 | 82,60 | 70,30 | 26,70 | 241,30 | 0,60 | 0,50 |
| 6644 | 30/08/1995 | 0,70 | 83,10 | 70,80 | 26,00 | 237,90 | 0,60 | 0,50 |
| 6648 | 07/08/1997 | 0,50 | 4,50 | 44,40 | 19,20 | 217,70 | 0,30 | 0,20 |
| 6648 | 05/05/1997 | 0,60 | 4,70 | 41,40 | 20,70 | 220,00 | 0,40 | 0,30 |
| 6648 | 03/11/1997 | 0,60 | 3,60 | 44,40 | 18,50 | 220,00 | 2,20 | 1,70 |
| 6649 | 07/08/1997 | 0,50 | 4,70 | 45,40 | 21,90 | 233,00 | 0,30 | 0,40 |
| 6649 | 05/05/1997 | 0,70 | 4,90 | 44,40 | 24,60 | 233,00 | 0,50 | 0,30 |
| 6649 | 03/11/1997 | 0,60 | 4,30 | 49,30 | 17,30 | 230,00 | 1,70 | 0,60 |
| 6652 | 21/08/2006 | 0,80 | 7,00 | 21,00 | 5,50 | 80,00 | 2,60 | 0,40 |
| 8536 | 05/05/1999 | 0,30 | 2,10 | 4,30 | 0,10 | 14,40 | 1,00 | 0,50 |
| 8536 | 22/07/2008 | 0,20 | 2,20 | 7,00 | 0,10 | 25,00 | 1,50 | 0,40 |
| 8538 | 21/09/1995 | 0,20 | 2,10 | 4,70 | 0,70 | 28,30 | 0,80 | 0,60 |
| 8582 | 07/08/2007 | 0,60 | 6,80 | 23,50 | 7,60 | 105,20 | 1,70 | 0,50 |
| 8596 | 24/06/2008 | 0,80 | 29,80 | 9,80 | 2,70 | 29,90 | 4,80 | 2,50 |
| 9015 | 31/08/2005 | 0,30 | 2,10 | 5,20 | 0,30 | 13,00 | 1,00 | 0,70 |
| 9060 | 11/10/2005 | 0,40 | 4,10 | 3,20 | 1,00 | 13,40 | 1,50 | 1,40 |
| 9089 | 18/04/2007 | 0,70 | 18,80 | 61,50 | 21,60 | 287,80 | 0,60 | 0,40 |
| 9115 | 19/06/2007 | 0,30 | 1,90 | 5,50 | 0,40 | 13,70 | 1,50 | 0,70 |
| 9116 | 17/10/2007 | 0,80 | 3,00 | 13,80 | 1,90 | 51,40 | 1,30 | 0,70 |
| 9128 | 10/08/2006 | 1,20 | 93,00 | 60,00 | 7,80 | 113,00 | 9,00 | 1,70 |
| 9128 | 10/07/2007 | 1,00 | 99,40 | 58,30 | 7,20 | 111,40 | 8,80 | 1,60 |
| 9135 | 19/03/2007 | 0,50 | 23,20 | 37,50 | 13,90 | 156,00 | 0,60 | 0,20 |
| 9136 | 25/07/2007 | 0,50 | 22,80 | 38,60 | 17,90 | 180,70 | 1,00 | 0,50 |
| 9140 | 24/11/1979 | 1,00 | 1,00 | 5,60 | 0,70 | 18,90 | 1,30 | 0,70 |
| 9151 | 25/09/2007 | 0,60 | 12,90 | 32,50 | 8,90 | 129,70 | 1,90 | 1,30 |
| 9152 | 25/09/2007 | 0,60 | 11,40 | 27,10 | 7,40 | 110,20 | 2,00 | 1,30 |
| 9154 | 30/07/2008 | 1,00 | 9,00 | 26,70 | 7,40 | 111,60 | 2,00 | 1,00 |
| 9158 | 16/10/2007 | 1,90 | 3,50 | 13,30 | 1,20 | 48,80 | 4,10 | 1,30 |
| 9160 | 21/08/2006 | 0,70 | 9,80 | 19,00 | 4,70 | 66,00 | 2,60 | 0,70 |
| 9160 | 07/08/2007 | 0,60 | 10,40 | 17,90 | 4,40 | 70,00 | 2,60 | 0,70 |
| 9307 | 26/08/1980 | 0,50 | 1,40 | 1,60 | 0,40 | 1,80 | 0,70 | 0,30 |
| 9307 | 16/10/2007 | 0,20 | 1,30 | 3,10 | 0,00 | 28,50 | 0,50 | 0,40 |
| 9895 | 17/08/1995 | 0,40 | 21,80 | 36,20 | 3,90 | 101,00 | 1,70 | 0,40 |
| 9916 | 25/09/2007 | 0,60 | 4,70 | 13,50 | 2,20 | 49,70 | 1,90 | 0,70 |
| 9942 | 12/10/1976 | 0,70 | 0,80 | 5,70 | 1,40 | 21,90 | 2,30 | 1,40 |
| 9945 | 24/06/1998 | 5,40 | 4,30 | 4,00 | 0,20 | 19,70 | 6,70 | 0,40 |
| 9945 | 10/07/1997 | 3,60 | 4,30 | 4,20 | 0,70 | 28,00 | 6,90 | 0,50 |
| 9945 | 19/05/1998 | 2,40 | 3,50 | 3,70 | 0,00 | 17,60 | 4,90 | 0,30 |
| 9945 | 29/04/1997 | 7,10 | 4,90 | 4,90 | 0,00 | 40,40 | 9,60 | 0,50 |
| 9945 | 07/10/1997 | 7,60 | 5,30 | 4,30 | 2,70 | 28,00 | 9,20 | 0,70 |
| 9973 | 04/07/2007 | 0,30 | 5,60 | 4,10 | 1,20 | 32,80 | 1,70 | 0,90 |
| 10061 | 26/10/1982 | 0,50 | 1,00 | 35,30 | 12,20 | 155,50 | 0,00 | 0,00 |
| 10077 | 17/08/1995 | 0,40 | 4,50 | 21,00 | 3,20 | 74,60 | 1,70 | 0,40 |
| 10079 | 29/04/1997 | 0,60 | 4,50 | 28,90 | 11,90 | 140,80 | 1,00 | 0,40 |

| | | | | | | | | |
|-------|------------|------|-------|-------|-------|--------|------|------|
| 10079 | 07/08/2007 | 0,80 | 3,90 | 29,30 | 13,70 | 148,80 | 1,20 | 0,40 |
| 10213 | 29/11/1994 | 0,40 | 2,90 | 5,60 | 0,00 | 25,40 | 0,60 | 0,50 |
| 10213 | 06/09/1995 | 0,20 | 2,50 | 4,80 | 0,50 | 27,00 | 2,80 | 0,50 |
| 10213 | 11/12/1995 | 0,40 | 3,50 | 5,80 | 1,50 | 27,90 | 0,80 | 0,50 |
| 10213 | 11/12/1995 | 0,40 | 3,50 | 5,80 | 1,50 | 27,90 | 1,00 | 0,50 |
| 10213 | 29/11/1994 | 0,40 | 2,90 | 5,60 | 0,00 | 25,40 | 0,60 | 0,50 |
| 10289 | 03/02/1983 | 1,20 | 5,00 | 4,40 | 0,20 | 11,90 | 0,80 | 0,80 |
| 10353 | 30/08/1995 | 0,90 | 84,20 | 70,70 | 26,50 | 240,50 | 0,60 | 0,30 |
| 10354 | 30/08/1995 | 0,60 | 81,70 | 74,30 | 28,00 | 259,00 | 0,60 | 0,50 |
| 10410 | 15/04/1997 | 0,70 | 13,90 | 36,90 | 9,00 | 134,50 | 2,30 | 1,10 |
| 10598 | 05/11/2002 | 0,70 | 24,00 | 35,30 | 11,40 | 133,80 | 2,40 | 0,60 |
| 10641 | 05/03/2008 | 0,70 | 20,20 | 39,40 | 13,10 | 159,10 | 2,60 | 0,90 |
| 10649 | 18/03/2003 | 0,70 | 5,80 | 36,00 | 19,00 | 188,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10649 | 28/08/2002 | 0,80 | 5,50 | 34,00 | 19,00 | 183,00 | 0,00 | 0,00 |
| 10649 | 25/07/2007 | 0,50 | 6,00 | 34,40 | 19,10 | 189,70 | 0,40 | 0,30 |
| 10771 | 04/07/2005 | 0,30 | 1,90 | 3,10 | 0,40 | 12,20 | 0,90 | 0,40 |
| 10774 | 17/08/2005 | 0,40 | 1,90 | 41,00 | 11,40 | 179,30 | 0,30 | 0,10 |
| 10780 | 01/09/2005 | 0,20 | 8,30 | 3,40 | 0,90 | 6,60 | 1,20 | 0,80 |

3 Schede dei campioni analizzati

Campione 1

Litologia: Calcarea dolomitica con noduli neri

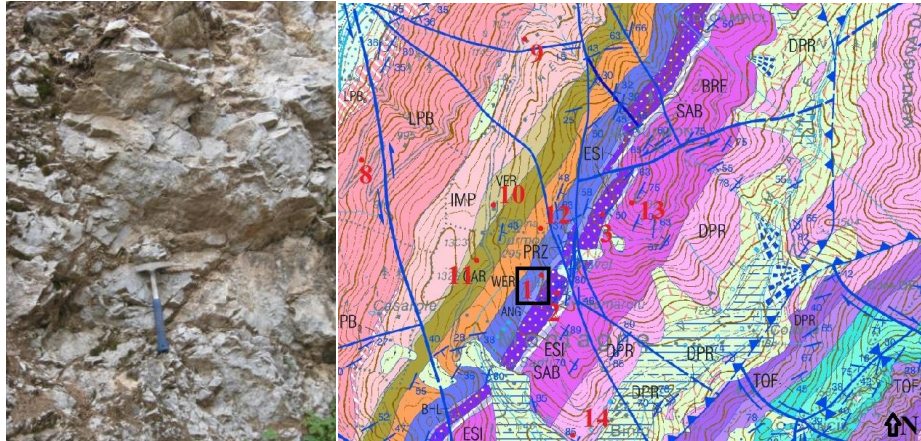


Fig.1-2: L'Affioramento si trova salendo lungo il sentiero che da loc."Capanna Dourmont" porta alla Cima Dourmont e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Pelsonico

Formazione: Calcarea di Angolo (ANG)



Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione: calcari dolomitici peritidali a *fenestrate* grigio chiari e scuri in strati metrici (parte inf.). Micriti e dolomicriti da scure a nere fossilifere (Brachiopodi e Molluschi). In strati medi e sottili a volte nodulari con rare intercalazioni metriche di dolomie (parte sup.). Limite inferiore netto concordante su WER. Spessore 0-170m (Castellarin et al, 2005).

Campione 2

Litologia: dolo-calcare micritico

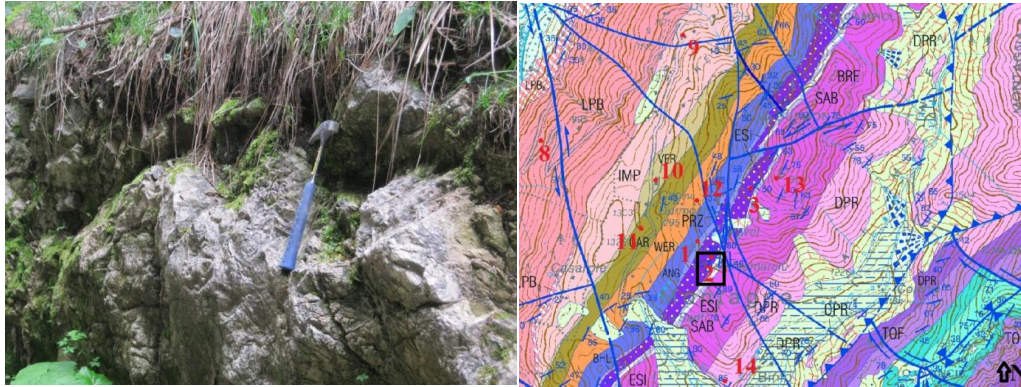


Fig.1-2: Affioramento si trova continuando a salire lungo il sentiero che da località Capanna Durmont porta a Cime Durmont e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Pelsonico

Formazione: Calcare di Angolo (ANG)



Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione : calcari dolomitici peritidali a *fenestrae* grigio chiari e scuri in strati metrici (parte inf.). Micriti e dolomicriti da scure a nere fossilifere (Brachiopodi e Molluschi). In strati medi e sottili a volte nodulari con rare intercalazioni metriche di dolomie (parte sup.). Limite inferiore netto concordante su WER. Spessore 0-170m. (Castellarin et al, 2005)

Campione 3

Litologia: *mudstone*

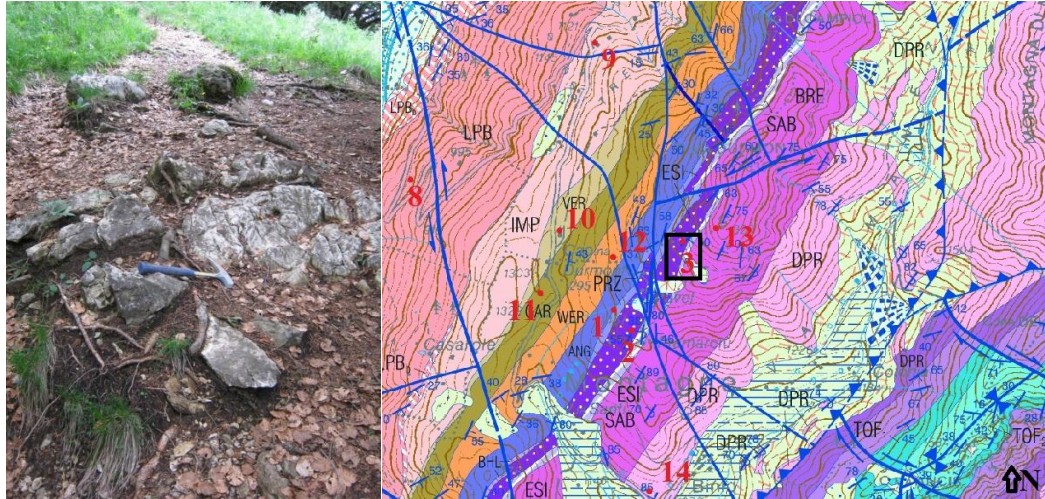


Fig.1-2: L'affioramento si trova lungo il sentiero che da loc. "Capanna Durmont" porta alla Cima Durmont, 100 m circa sotto la cima all'uscita della boscaglia e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Illirico-Ladinico Inf.

Formazione: Calcare di Esino (ESI)



Fig.3-4: Dettaglio Campione

Descrizione: dolomie massicce, con locali breccie alla base di strati molto spessi. Nella parte alta sono talora presenti estese cavità con riempimenti di *silt* rosso (paleokarst). Limiti inf. netto su PRZ e ANG. Spessore 0-200m (Castellarin et al, 2005).

Campione 4

Litologia: Calcarea micritica scuro, fossilifero

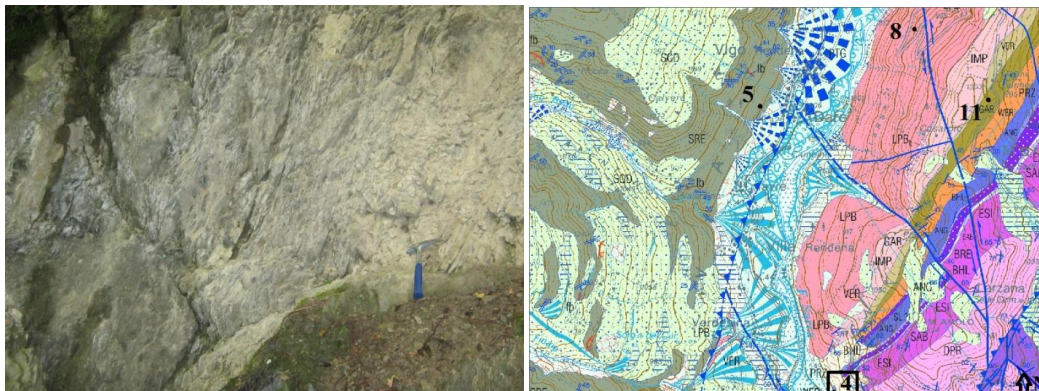


Fig.1-2 Affioramento si trova lungo la strada provinciale nelle vicinanze della loc. “Sesena” e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Illirico

Formazione: Calcarea di Prezzo (PRZ)



Fig.3-4:Dettagli campione

Descrizione: calcari micritici scuri e in strati molto sottili con interstrati di marne nere, calcari micritici nodulari a Radiolari e Ammonoidi, calcisiltiti micacee ocre talora con selce. Verso l’alto livelli di cineriti grigio verdi (Pietra Verde). Limite inf. netto concordante su ANG. Spessore 0-80m (Castellarin et al, 2005).

Campione 5

Litologia: micascisto

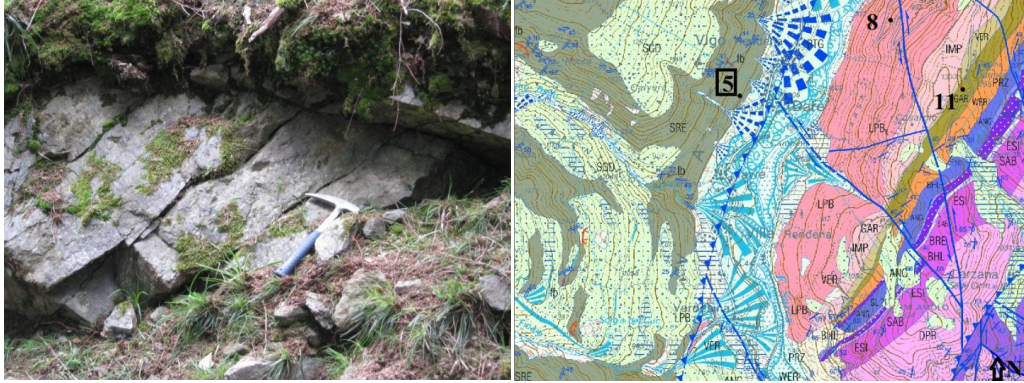


Fig.1-2: Affioramento a Vigo Rendena lungo la strada che porta in Val San Valentino e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Pre-Permiano

Formazione: Scisti Rendena (SRE)

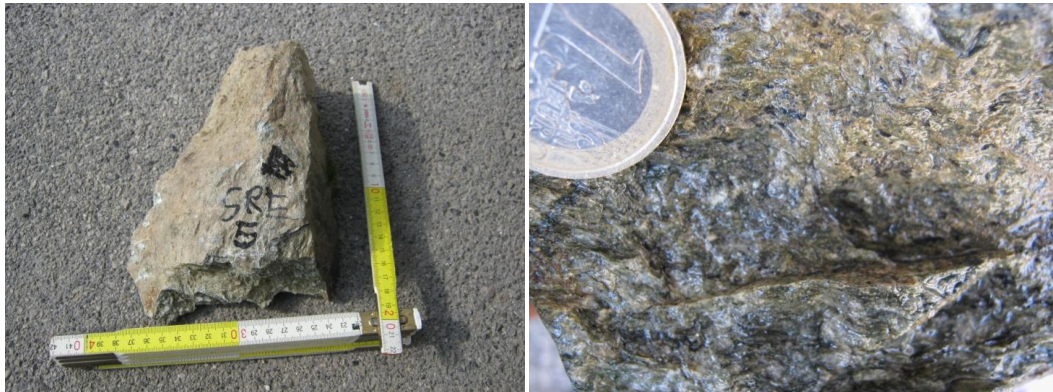


Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione: micascisti e minori paragneiss a granato con o senza staurolite, comprendenti varietà quarzose feldspatiche e varietà retrocesse ricche in clorite. Contengono rari nuclei di metabasiti anfiboliche a plagioclasio, clorite ed epidoto, di colore grigio/verdastro e grana piuttosto fine (Castellarin et al, 2005). Del campione sono state eseguite due sezioni sottili (Cap.7).

Campione 6

Litologia: tonalite pegmatitica

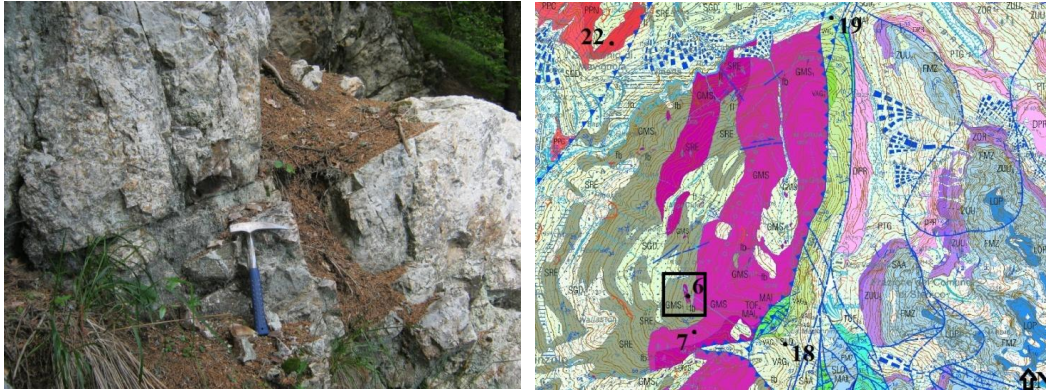


Fig.1 e 2: Affioramento lungo il sentiero che da località Pra Rodont porta a Malga Bregna da l'Ors e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento.

Età: Permiano

Formazione: Leucogranodiorite (GMS₁)



Fig. 3-4-5: Dettagli campione



Descrizione: varietà leucocratica fine a quarzo, plagioclasio, feldspato potassico, mica bianca (Castellarin et al, 2005).

Campione 7

Litologia: Granodiorite/Tonalite

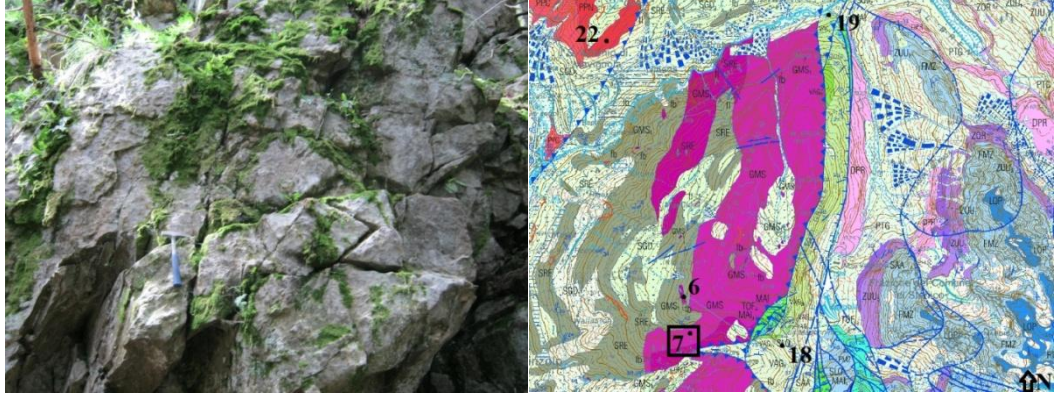


Fig.1-2: Affioramento lungo il sentiero che da località Pra Rodont porta a Malga Bregna da l'Ors e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento.

Età: Permiano

Formazione: Granodiorite del Doss del Sabion (GMS)



Fig.3-4: Dettagli Campione

Descrizione: granodiorite a grana grossa a quarzo, plagioclasio, feldspato potassico, biotite e clorite e rara mica bianca e anfibolo accessorio con locali tipi leucocratici (GMS₁) (Castellarin et al, 2005).

Campione 8

Litologia: Dacite verdastra

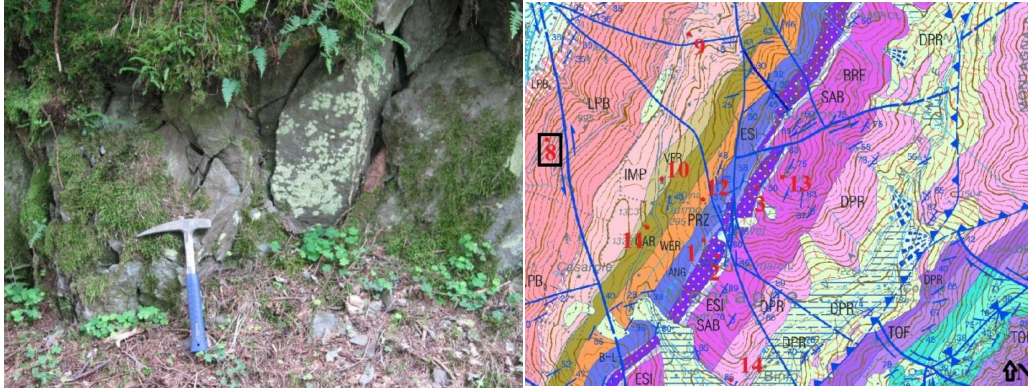


Fig.1-2: Affioramento lungo la strada che porta al Passo Daone sopra l'abitato di Ches e posizione sul Folgio 059 Tione di Trento.

Età: Permiano Inferiore? Superiore?

Formazione: Lave di Bocenago (LPB)



Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione: lave riodacitiche rosso/violacee, verdastre massice di corpi cupolari (duomi). Pasta di fondo con abbondanti fenocristalli di plagioclasio, biotite, e pirosseno cloritizzato e quarzo riassorbito. Limite inf. netto discordante su SRE. Spessore 1500 m (Castellarin et al, 2005).

Campione 9

Litologia: Ignimbrite

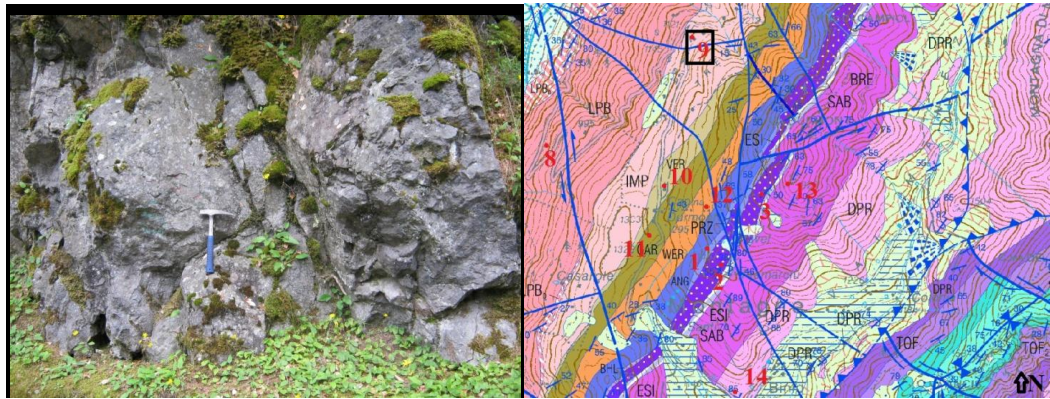


Fig. 1-2: Affioramento sopra l'abitato di Ches lungo la strada che porta al passo Daone e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Permiano Inf?Sup?

Formazione: Ignimbrite di Malga Plan (IMP)



Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione: Ignimbriti rioidacitiche e piroclastici massicce, con strutture di flusso a “fiamma”. La matrice rosso violacea e verde contiene fenocristalli di plagioclasio, quarzo, biotite e scarso pirosseno, rari i frammenti litici. Limite inf. netto in conforme su LPB e discordante su SRE. Spessore 0-350m (Castellarin et al, 2005). Del campione sono state eseguite due sezioni sottili (Cap.7).

Campione 10

Litologia: conglomerato fine/arenite, molti clasti di quarzo

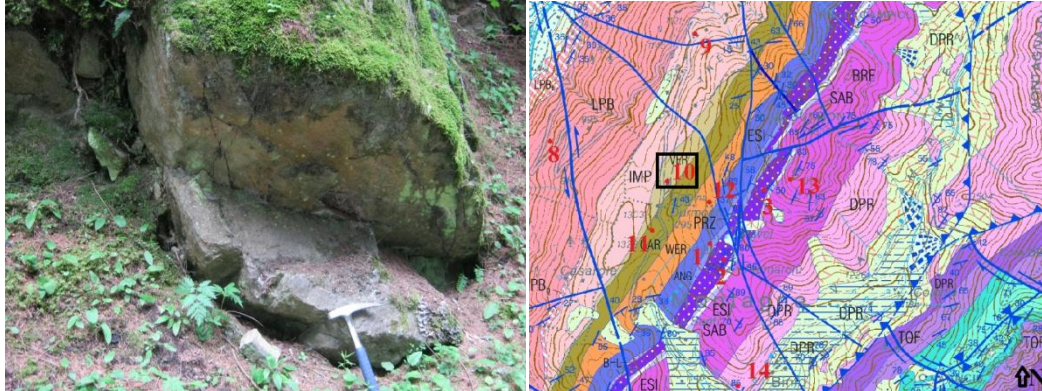


Fig.1-2: Affioramento lungo la strada che porta al Passo Daone dall'abitato di Ches nelle vicinanze della loc. "Capanna Dourmont" e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento.

Età: Permiano Superiore

Formazione: Verrucano Lombardo (VER)



Fig. 3-4: Dettagli campione

Descrizione: conglomerati grigi verdastri da grossolani a fini, a matrice arenitica, con clasti di quarziti e lave permiane in strati spessi passanti ad arenite e siltiti con peliti nere. Limite inferiore inconforme con IMP. Spessore 0-100m (Castellarin et al, 2005).

CAMPIONE 11

Litologia: arenite rossa

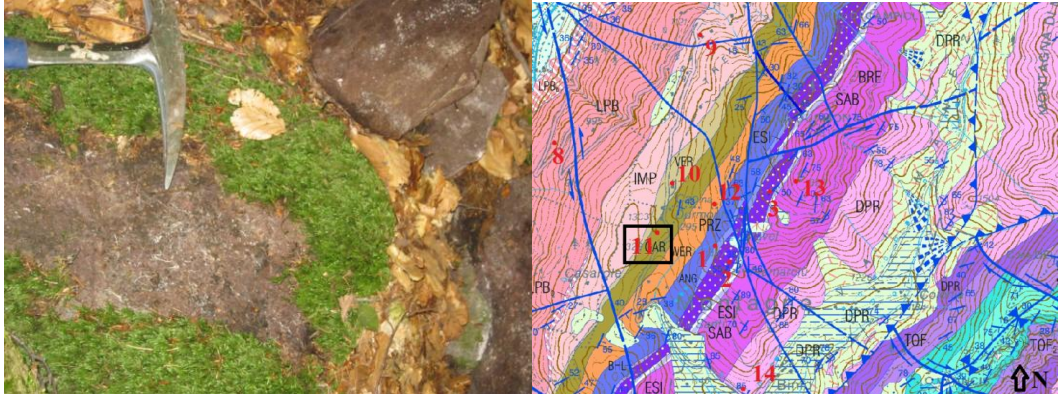


Fig. 1: Affioramento nelle vicinanze della loc. "Capanna Dourmont" e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Permiano Sup.

Formazione: Arenaria di Val Gardena (GAR)



Fig. 2, 3: Dettaglio campione

Descrizione: areniti e siltiti rosse, con locali livelli di areniti conglomeratiche, in strati medio spessi. Spessore fino a 200 m, limite inferiore concordante su VER e in conforme su IMP (Castellarin et al, 2005).

Campione 12

Litologia: calcare marnoso

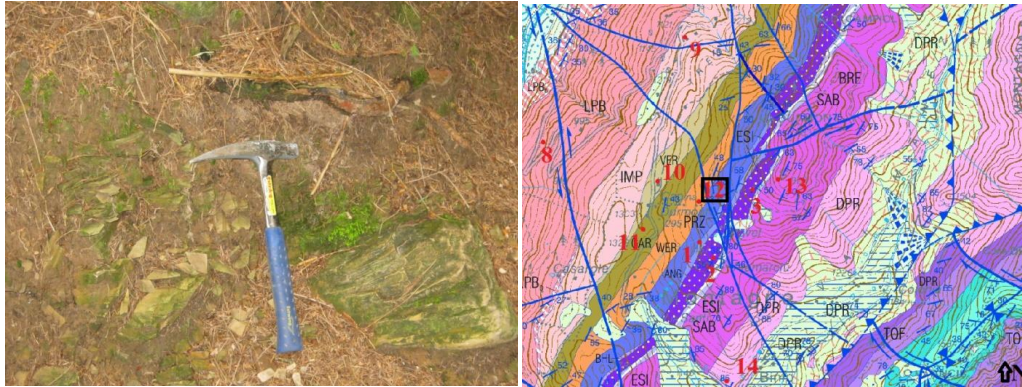


Fig. 1: Affioramento lungo il sentiero che da loc. “Capanna Dourmont” porta a Cima Dourmont e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento.

Età: Triassico inf.

Formazione: Formazione di Werfen (WER)



Fig. 2: Dettagli campione

Descrizione: dolomie vacuolari grigie con tracce di ooliti alla base, calcari micritici gialli, siltiti a *ripple marks* e calcari oolitici rossicci, in strati medio-spessi (nella parte media) e siltiti rosse apicali. Limite inf. netto concordante su GAR. Spessore fino a 130 m. (Castellarin et al, 2005)

Campione 13

Litologia: Calcarea dolomitica

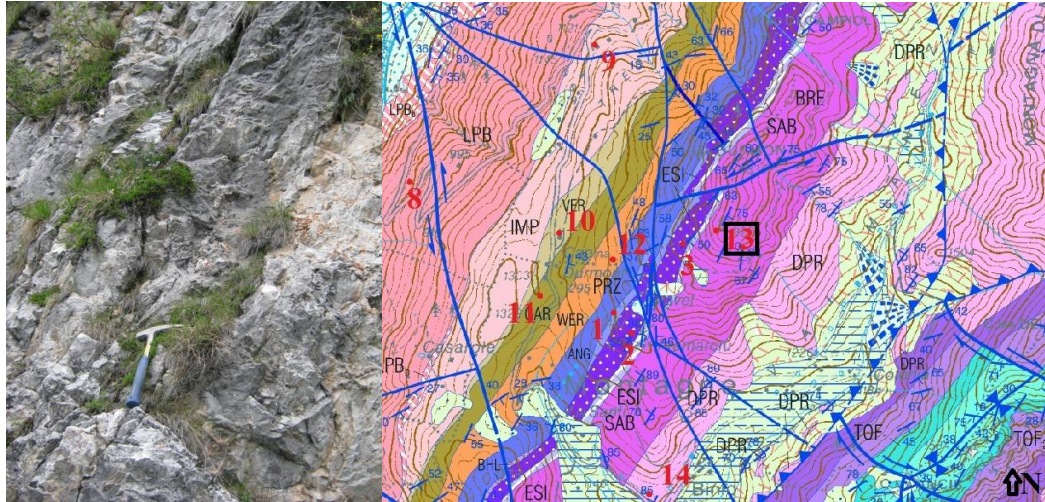


Fig. 1-2: Affioramento sulla Cima Durmont (1835m) posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Ladinico Sup- Carnico

Formazione: Formazione di Breno (BRE)



Fig. 3-4: Dettagli campione

Descrizione: calcari grigi-scuri a sciami stilolitici rossastri, doloareniti a *Dasycaudacee*, dolomie stromatolitiche, dolomicriti grigio-chiari, brecciole intraclastiche e livelli a *tepee*, in strati medio-spessi. Limite inf. netto concordante su SAB. Spessore fino a 350 m (Castellarin et al, 2005).

Campione 14

Litologia: Dolomia/calcare compatto

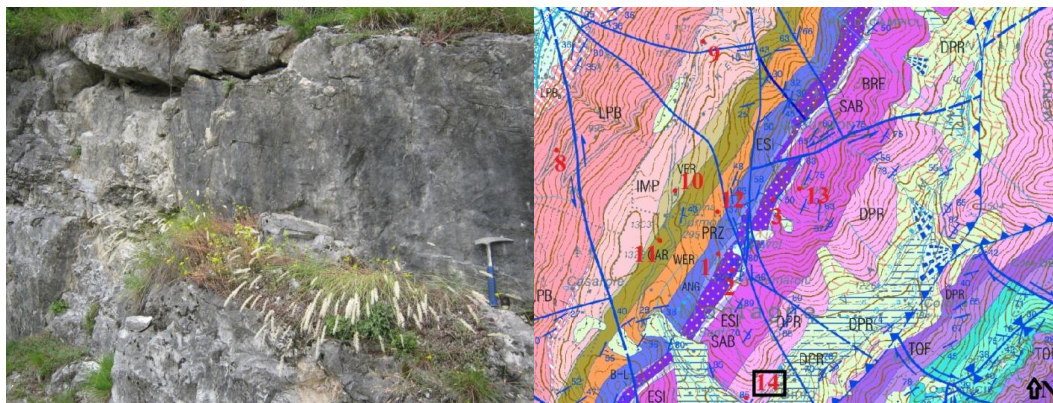


Fig. 1-2: L'affioramento si trova scendendo da loc. "Capanna Dourmont" poco al di sopra dell'abitato di Binio e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento)

Età: Norico - Retico

Formazione: Dolomia principale (DPR)



Fig. 3-4: Dettagli Campione

Descrizione: dolomie stromatolitiche, dolomicriti e doloareniti chiare, fossilifere (*Megalodon* e *Worthenia spp.*) in strati medio-spessi, peritidali (loferiti) nella parte inferiore (500-700m) e suptidali in quella superiore. Limite inferiore netto concordante su BRE. Spessore 1200-1500 m (Castellarin et al, 2005). Del campione sono state eseguite due sezioni sottili (Cap.7).

Campione 15

Litologia: Calcare micritico scuro

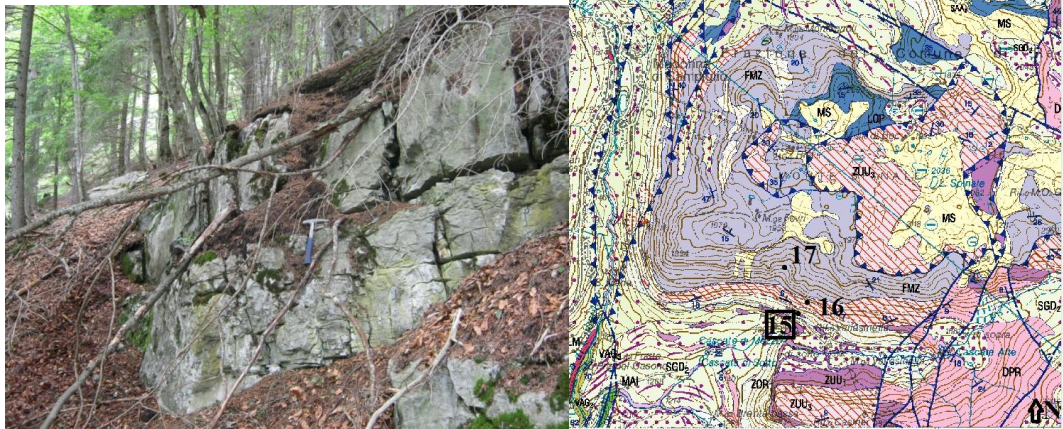


Fig.1-2: Affioramento al di sopra della strada che da Madonna di Campiglio porta al Rif. Valesinella e posizione sul Foglio 042 Malè

Età: Norico-Retico

Formazione: Membro del Grostè (ZUU₁)



Fig. 3-4: Dettagli campione

Descrizione litologica: calcari micritici grigio scuri, marne e argilliti nere, biocalcareni gradate con Molluschi e Brachiopodi in strati medio-sottili. Localmente cespi di coralli. Limite inferiore netto concordante su DPR. Spessore fino a 600 m (Castellarin et al, 2005).

Campione 16

Litologia: Calcarea micritica scura

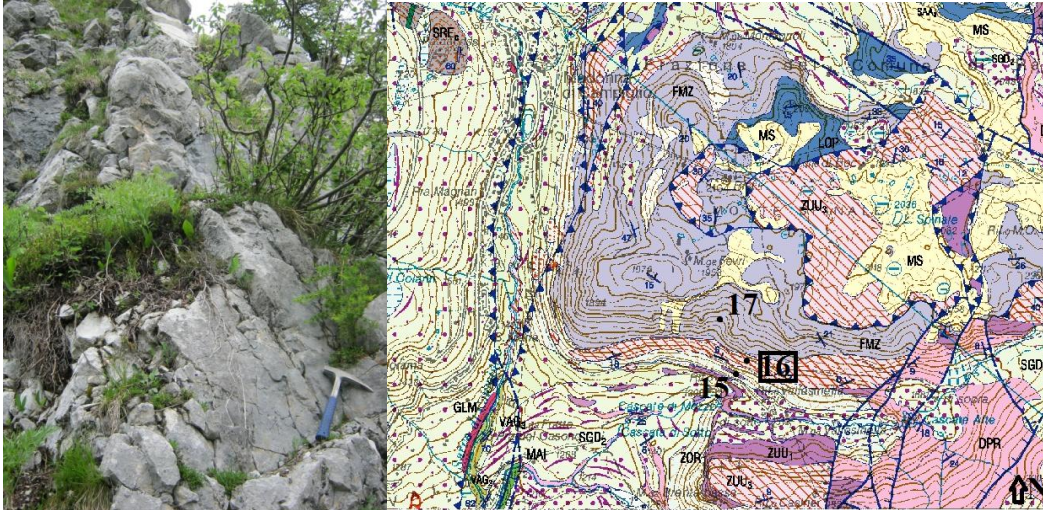


Fig. 1-2: Affioramento lungo sentiero delle rocce che parte da rifugio Valesinella e dettaglio del campione

Età: Retico

Formazione: Membro di Tremalzo (ZUU₃)



Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione: calcari micritici e calcari dolomitici grigio-scuro, bioturbati con Megalodontidi, calcari stromatolitici grigio-chiaro con strutture da disseccamento e breccie intraclastiche. Strati medio-spessi. Limite inferiore graduale su ZUU₁. Spessore fino a 250m (Castellarin et al, 2005).

Campione 17

Litologia: Calcarea con inclusi neri

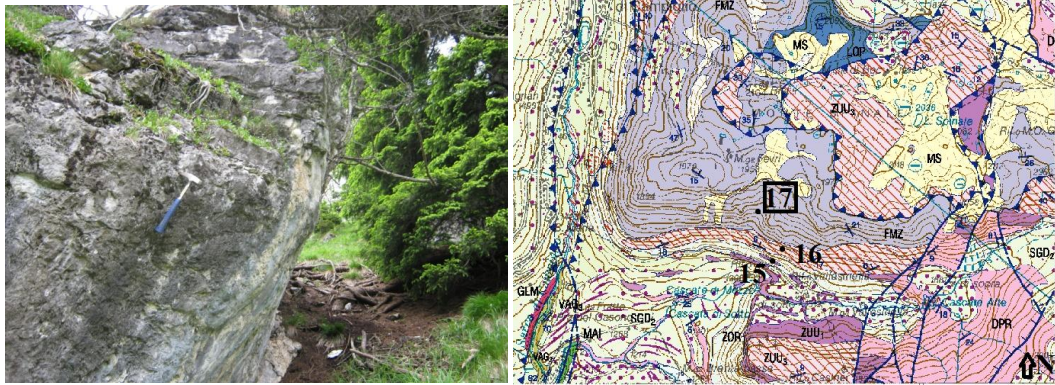


Fig. 1: L'affioramento si trova 300 m (1850 m) circa al di sopra del "Sentiero delle Rocce" che costeggia Valesinella e posizione sul Foglio 042 Malè.

Età: ? Retico- Sinemuriano

Formazione: Formazione di Monte Zugna (FMZ)



Fig. 3-4: Dettagli campione

Descrizione: calcari stromatolitici, biomicriti, calcareniti, fossilifere con livelli discontinui di "terra rossa" (Paleokarst), in strati spessi (unità peritidale). Biocalcareniti talora oolitiche con livelli di micriti brune in strati medi, localmente più scure con spicole di Spugne (unità subtidale). Limite inferiore netto concordante su ZUU₃, spessore fino a 650 m (Castellarin et al, 2005).

Campione 18

Litologia: Marne scure laminate

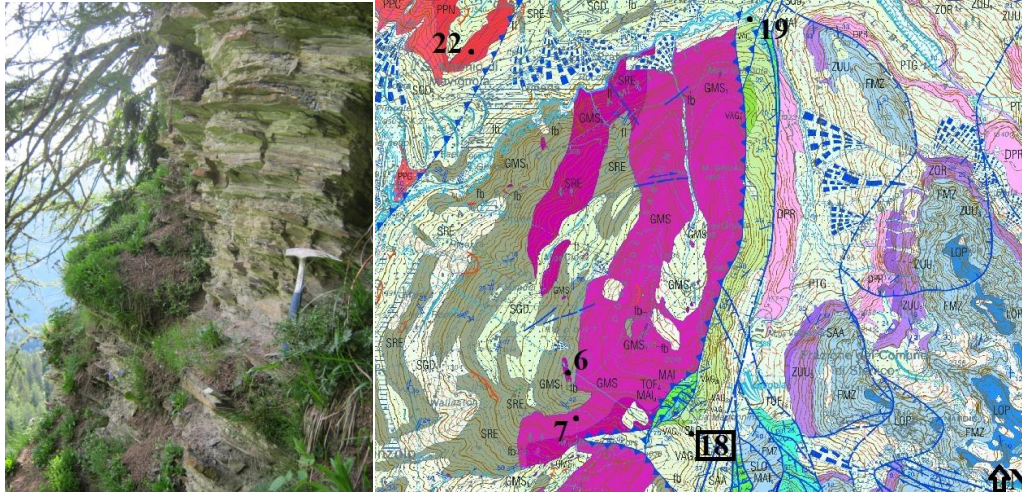


Fig. 1-2: Affioramento al di sopra della Malga Bregna da l'Ors e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Turoniano-Santoniano

Fomazione: Membro di Bregna da l'Ors (VAG₁)



Fig. 3-4: Dettagli campione

Descrizione: marne e siltiti laminate scure, policrome alla base, con arenarie e siltiti ibride torbiditiche in strati medi-sottili; Nella parte superiore è presente un livello di breccie poligeniche. Limite inferiore netto concordante su VAA. Spessore fino a 450 m. (Castellarin et al, 2005)

Campione 19

Litologia: Calcarea micritica nera

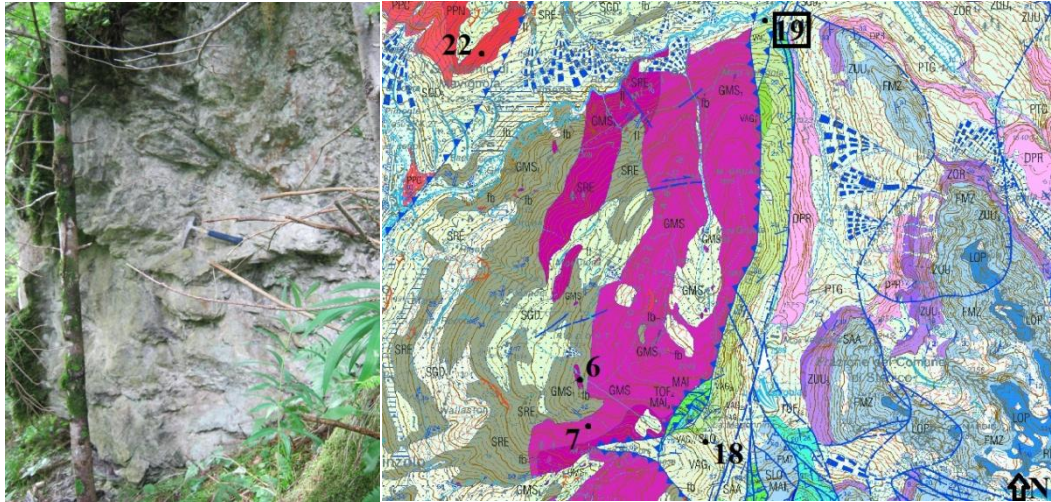


Fig. 1-2: L'affioramento si trova dove il Rio Valagola si immette nel fiume Sarca e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Campaniano-Maastrichtiano

Formazione: Membro de le Coste di Gual (VAG₂)

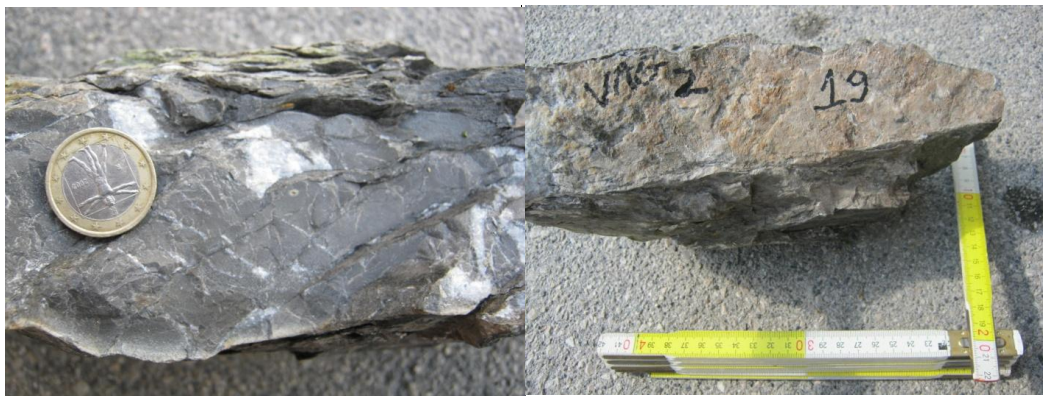


Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione: calcari micritici rossi-grigi a Foraminiferi planctonici, calcitorbiditi bioclastiche in strati medio-sottili e corpi lenticolari metrici (fino a 70m) di calcareniti-riditiche (VAG_{2b}). Nella parte inferiore lenti di conglomerati con clasti di metamorfiti (VAG_{2a}). Limite inf. netto concordante, localmente erosivo su VAG₁. Spessore fino a 350 m (Castellarin et al, 2005).

Campione 20

Litologia: Granodiorite

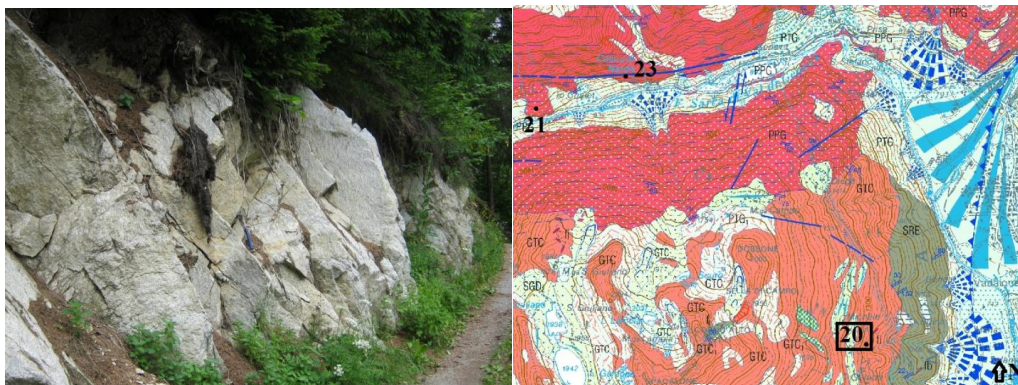


Fig.1-2: Affioramento in località Ingiva sopra l'abitato di Caderzone lungo la strada che porta a Malga Campo e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Eocene

Formazione: Granodiorite-Trohdjemite del Corno Alto e Sostino (GTC)

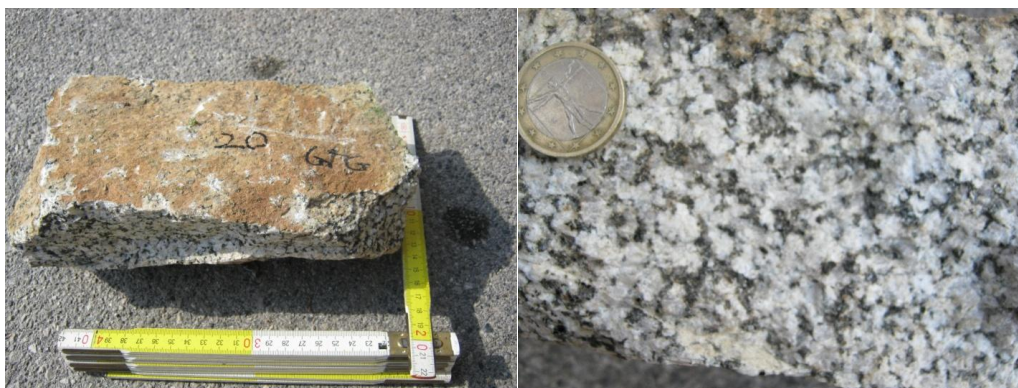


Fig. 9: Dettagli campione

Descrizione litologica: granodiorite e trohdjemite a grana medio grossa e plagioclasio porfirico, talora a tessitura orientata (Castellarin et al, 2005).

Campione 21

Litologia: Tonalite foliata

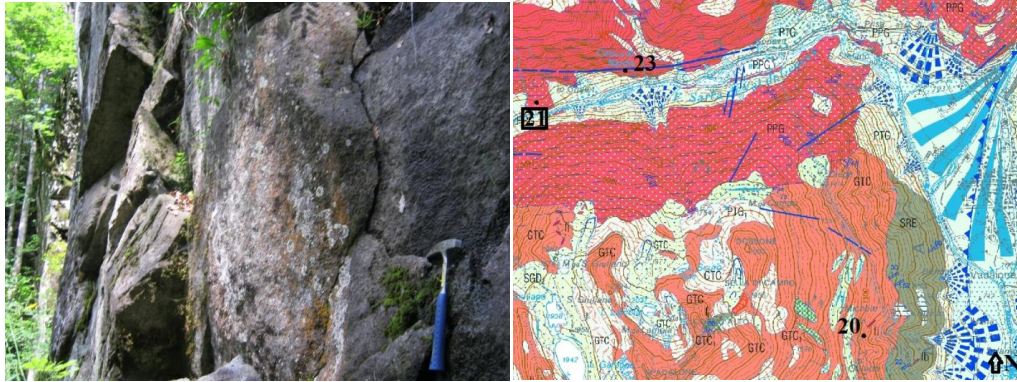


Fig.1-2: Affioramento lungo la Val Genova appena superato lo “Chalet da Gino” e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Eocene - Oligocene

Formazione: Leucoquarzodiorite della bassa Val di Genova (PPG)



Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione litologica: varietà biotitica a grana media, con raro anfibolo, frequenti nuclei femici e marcata foliazione tettonica (Castellarin et al, 2005). Del campione sono state eseguite due sezioni sottili (Cap.7) e due analisi modali delle fasi mineralogiche (Cap.5.1.3).

Campione 22

Litologia: Tonalite a grana grossa

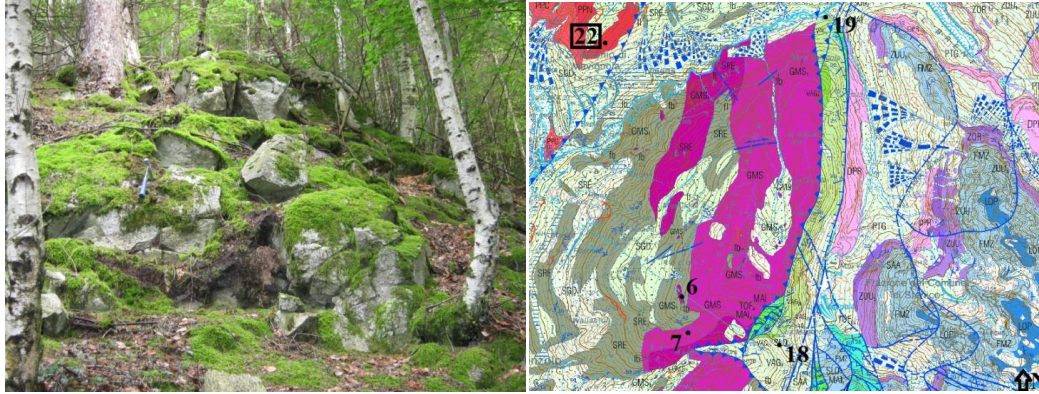


Fig. 1-2: Affioramento sopra l'abitato di Sant'Antonio di Mavignola e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Eocene - Oligocene

Formazione: Leucotonalite della Val Nambrone (PPN)



Fig.3-4: Dettagli campione

Descrizione litologica: tonalite biotitica a grana medio/grossa povera in orneblenda (Castellarin et al, 2005).

Campione 23

Litologia: Tonalite

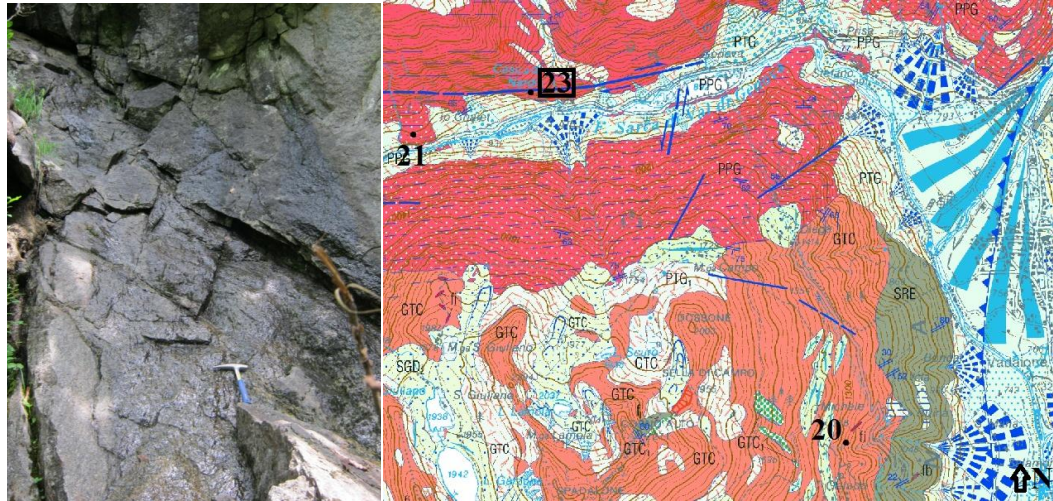


Fig.1-2: Affioramento lungo la Val Genova appena superata la cascata Nardis e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento

Età: Eocene - Oligocene

Formazione: Tonalite della Presanella Centrale (PPC)



Fig.3-4: Dettaglio Campione

Descrizione litologia: tonalite biotitico-anfibolica a grana medio-grossa. Tonalite con abbondanti nuclei di concentrazione femica a grana fine (microquarzodioriti), talora porfirici (fenocristalli di anfibolo) (PPC_a). Varietà leucoquarzodioritiche ad anfibolo scarso o assente, associate alla Tonalite della Presanella Centrale (PPC_b) (Castellarin et al, 2005).

Campione 24

Nel foglio 059 Tione di Trento sono segnate in carta delle zone puntinate rosse che identificano l'aureola metamorfica dell'Adamello. Questo campione ne fa parte.

Litologia: scisto, molto debole e alterato.

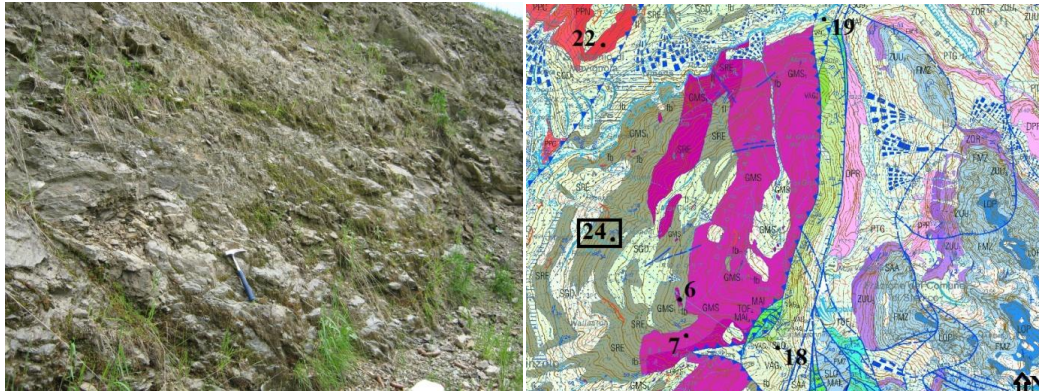


Fig. 1-2: Affioramento lungo la via che porta dall'abitato di Pinzolo porta in loc. "Pra Rodont"

Età: Pre-Permiano

Formazione: Scisto Rendena (SRE)

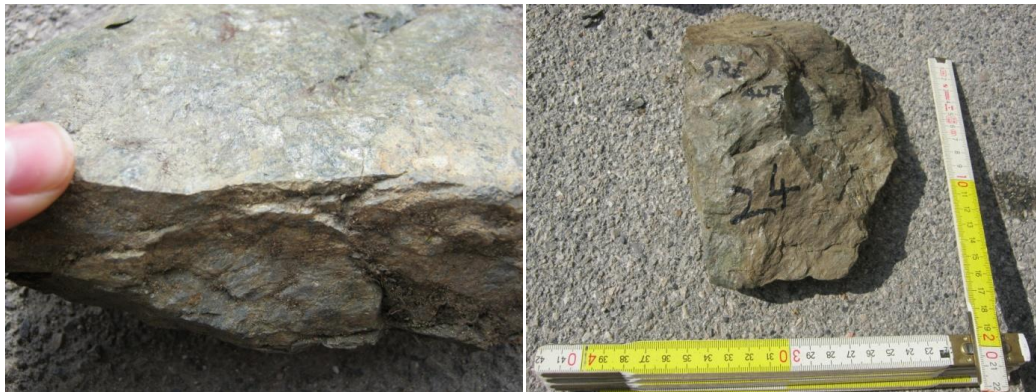


Fig. 4-5: Dettagli campione

Non si è potuto ad effettuare il test di conducibilità termica per i problemi sopraggiunti al taglio del campione. La sonda posta sul campione non tagliato non aderiva sufficientemente alla superficie e per questo non forniva dati di conducibilità e degli altri parametri attendibili. Per questo motivo non è stato inserito nella tabella in Fig.5.1.3.1.

Campione 25

Granulometria: Sabbie ghiaie

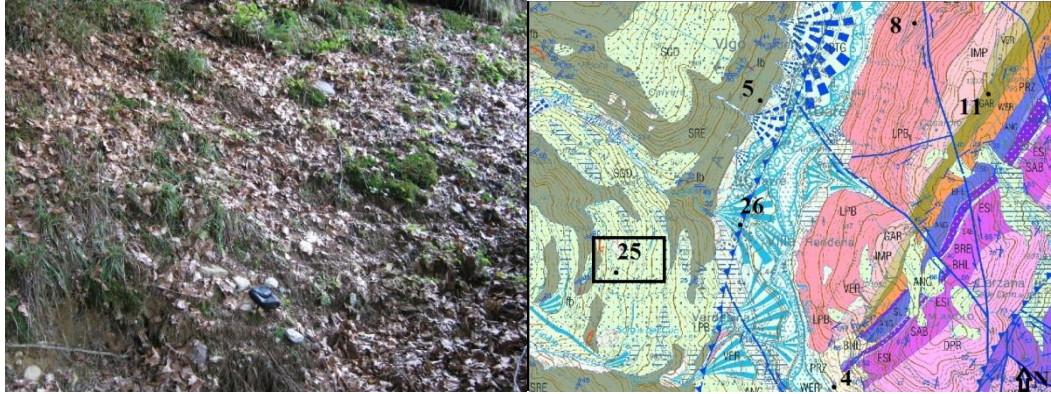


Fig.1-2: Terreno campionato in località “Parneclè” (Villa Rendena) e posizione nel Foglio 059 Tione di Trento

Età: Pleistocene Sup.

Nome cartografico: Sintema del Garda (SGD)



Fig.3: Dettaglio sedimento

Descrizione sedimento: deposito glaciale di versante, matrice limoso-sabbiosa con blocchi anche metrici. Alto numero di clasti, prevalentemente di tipo scistoso (SRE) e tonalitico.

Campione 26

Granulometria: Sabbia-ghiaia

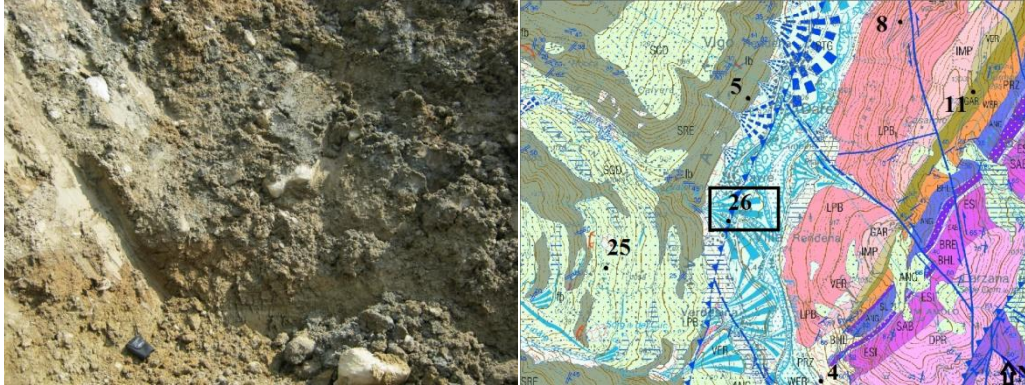


Fig.1-2: Terreno campionato a Villa Rendena e posizione sul Foglio 059 Tione di Trento .

Età: Pleistocene Sup. - Olocene

Nome cartografico: Sintema Postglaciale Alpino (PTG)



Fig.3: dettaglio del sedimento

Descrizione sedimento: ghiaie e sabbie, presenza di clasti eterogenei con matrice limoso-argillosa.

4 Rete gallerie Enel

A titolo di esempio per possibili sviluppi futuri nell'area viene riportata la rete delle gallerie Enel che attraversano i versanti. Di seguito ne è sintetizzato il percorso.

Essa fa parte del piano di utilizzo delle acque del bacino del Sarca che furono convogliate per essere utilizzate a scopi idroelettrici nella grande centrale sotterranea di Santa Massenza, nella Valle dei Laghi, per mezzo di gallerie che attraversano interi versanti e vallate. Attraverso numerose opere di presa vennero captate le acque di quasi tutti i corsi d'acqua ed incanalate in galleria dalla Valle di Breguzzo alla Val Genova, alla Val di Campiglio, alla Val Algone per portarle e raccogliere nel lago di Molveno. In Val di Breguzzo furono costruite opere di presa per le acque dei torrenti Arnò e Roldone che portate in galleria per il funzionamento della Centrale "La Rocca" di Breguzzo, da cui, insieme a quelle della Fiana captate dalla Val Gavardina, vengono immesse nel canale di gronda lungo 18,400Km in sponda destra della Val Rendena, ricevendo lungo il suo percorso, mediante apposite opere di presa, le acque dei torrenti Maftina (Tione), Rio Finale (Verdesina), Bedù I (Val San Valentino), Bedù II (Val di Borzago), Vogogna (Strembo), Orbo (Caderzone) fino alla vasca di raccolta di 290.000 m³ all'imbocco della Val Genova che raccoglie anche le acque della Sarca di Genova; Successivamente attraverso un sifone ed una breve galleria porta ai due ponti canale, che attraversano la Val di Campiglio, dopo aver ricevuto le acque del Rio San Martino (Carisolo) e la Sarca di Nambrone e successivamente la Sarca di Campiglio (Pinzolo). Da qui inizia un'altra galleria lunga circa 25Km che riceve anche le acque del Vadaione o Flangianec (Giustino), il Giustino (Giustino), il Varcè (Bocenago), l'Algone (Val Algone), l'Ambiez (Banale), il Nembia (Banale). Grazie a queste acque funziona la centrale di Nembia che tramite una pompa le immette nel lago di Molveno. Infine dal lago di Molveno parte una condotta forzata in roccia che fa funzionare le turbine della centrale di Santa Massenza I.a.. Le acque residue del fiume Sarca, del Torrente Arnò e di altri rivi minori vengono invece raccolte nel bacino di Ponte Pià, dalla capacità di

2.667.000 m³. Da qui parte una galleria di derivazione lunga 11,122 Km che fa funzione la centrale di Santa Massenza II.a.. Questa galleria riceve anche le immissioni dello scarico della centrale Cis di Stenico, del Rio Bianco, del Rio Laone, del torrente Ambiez basso, del torrente Bondai Superiore e da una derivazione del Duina. Il bacino è chiuso da una diga dell'altezza di 46m e dalla lunghezza al coronamento di 163,5m. Le acque uscite dalla centrale di Santa Massenza vengono convogliate poi nel lago di Cavedine dove ne usufruiscono gli impianti di Fies, Dro e di Torbole.

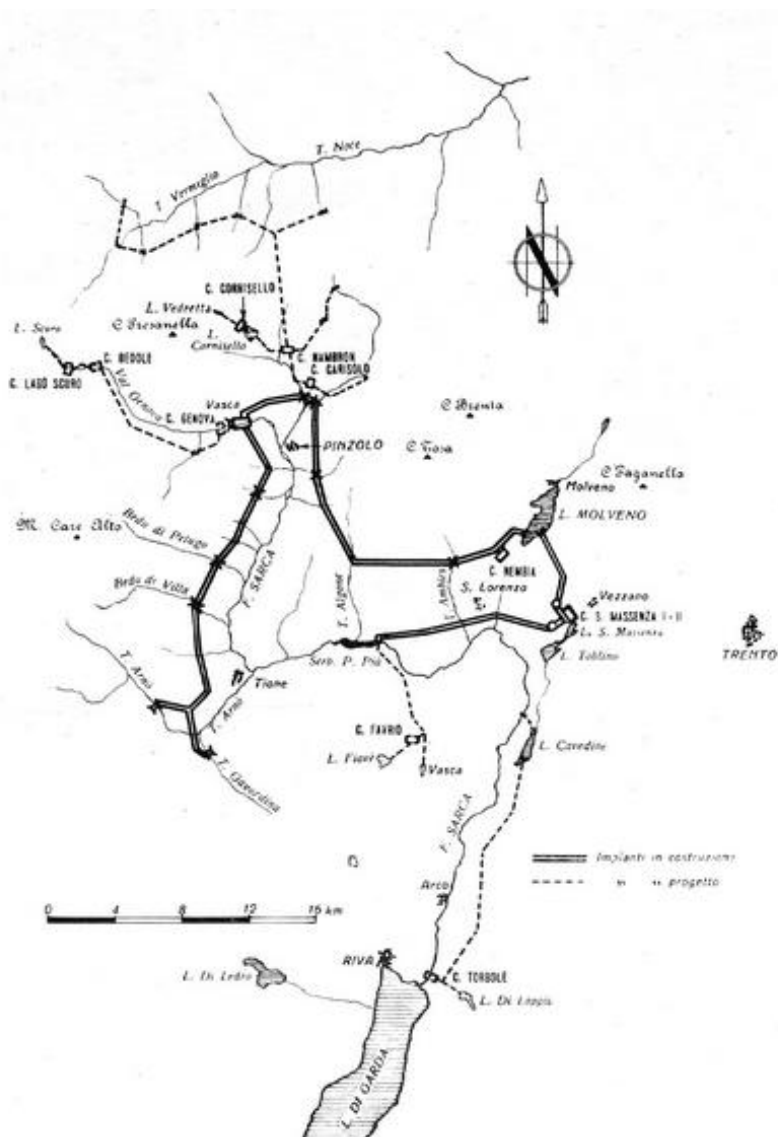


Fig.8.1:Impianti idroelettrici del Sarca con le gallerie che li collegano(SISM).

Alla

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

SERVIZIO GEOLOGICO

Via Roma, 50 - 38122 Trento

Tel. 0461/495200 - Fax 0461/495201

COMUNICAZIONE PREVENTIVA GEOTERMIA

antecedente all'installazione di sonde geotermiche a circuito chiuso nel territorio provinciale
(art. 30 bis, comma 1, del D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n. 1-41/Leg.)

Il sottoscritto / La sottoscritta (Committente)

cognome _____ nome _____

nato a _____ il ___/___/___

residente a _____ indirizzo _____ n. civico _____

codice fiscale

indirizzo di posta elettronica/posta elettronica certificata (PEC) _____

telefono _____ fax _____

(se la domanda è presentata da una persona giuridica)

nella sua qualità di:

 titolare dell'impresa individuale legale rappresentante della società

(indicare la corretta denominazione)

con sede _____

codice fiscale / partita IVA _____

indirizzo di posta elettronica/PEC _____

comunica

l'intenzione di installare una o più sonde geotermiche e a tale scopo fornisce i seguenti dati:

| Proprietario del terreno (se differente dal Committente) | | | |
|---|----------------------|--------------------------|--|
| Cognome | <input type="text"/> | Nome | <input type="text"/> |
| Residente a | <input type="text"/> | Indirizzo | <input type="text"/> n° <input type="text"/> |
| Telefono | <input type="text"/> | E-mail/PEC | <input type="text"/> |
| Progettista | | | |
| Cognome | <input type="text"/> | Nome | <input type="text"/> |
| Residente a | <input type="text"/> | Indirizzo | <input type="text"/> n° <input type="text"/> |
| Telefono | <input type="text"/> | E-mail/PEC | <input type="text"/> |
| Progetto | <input type="text"/> | | |
| Impresa esecutrice della perforazione (se conosciuta): | | | |
| Nominativo | <input type="text"/> | | |
| Indirizzo (Comune,Piazza/via,n°) | <input type="text"/> | | |
| Telefono | <input type="text"/> | E-mail/PEC (facoltativa) | <input type="text"/> |



| | | |
|--|---|---|
| Modalità di perforazione | | |
| <input type="radio"/> a percussione | <input type="radio"/> a rotazione con distruzione di nucleo | <input type="radio"/> a rotazione con carotaggio continuo |
| <input type="radio"/> a rotopercussione | <input type="radio"/> altro | |
| Specificare | <input type="text"/> | |
| Ubicazione intervento | | |
| Comune di <input type="text"/> | p.ed numero <input type="text"/> | p.f. numero <input type="text"/> |
| del Comune Catastale di <input type="text"/> | Località/Indirizzo <input type="text"/> | |
| Profondità di indagine massima prevista dal piano campagna (per profondità dei fori superiore ai 150 m si vedano gli allegati necessari) <input type="text"/> | | |
| Numero sonde geotermiche <input type="text"/> | Tipologia <input type="radio"/> Orizzontale <input type="radio"/> Verticale | |

Con riferimento ai dati sopra riportati:

- consento** **non consento**

la divulgazione dei dati seguenti: "ubicazione su Carta Tecnica a scala 1:10.000" ed eventuale "stratigrafia", tramite l'inserimento in una banca dati che sarà resa disponibile per la consultazione da parte del pubblico.

Nel contempo prendo atto che al termine dei lavori deve essere obbligatoriamente consegnata la "comunicazione consuntiva" completa degli allegati richiesti per la stessa.

Informativa ai sensi del decreto legislativo 196/2003, articolo 13:

- i dati forniti verranno trattati esclusivamente con riferimento alla finalità per la quale sono stati resi;
- il trattamento sarà effettuato con supporto cartaceo e/o informatico;
- il conferimento dei dati è obbligatorio per dar corso alla procedura di mio interesse;
- titolare del trattamento è la Provincia Autonoma di Trento;
- responsabile del trattamento è il Dirigente del Servizio Geologico;
- in ogni momento potranno essere esercitati nei confronti del titolare del trattamento i diritti di cui all'art. 7 del d.lgs. 196/2003

Luogo e data

FIRMA DELL'INTERESSATO

.....

.....

Si allega la seguente documentazione:

- Stralcio della Carta Tecnica Provinciale alla scala 1:10.000 e della Mappa Catastale con riportata, su entrambi, l'ubicazione dell'intervento;
- Per perforazioni previste superiori a 150 metri dal p.c. stratigrafia di un sondaggio geognostico preventivo.

Note eventuali: _____

MODALITA' DI INVIO: le comunicazioni possono essere sottoscritte in originale e: a) consegnate a mano o spedite via posta; b) inviate via fax; c) sottoscritte con firma digitale e inviate tassativamente tramite posta elettronica certificata all'indirizzo serv.geologico@pec.provincia.tn.it.



Alla**PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO**

SERVIZIO GEOLOGICO

Via Roma, 50 - 38122 Trento

Tel. 0461/495200 - Fax 0461/495201

COMUNICAZIONE CONSUNTIVA GEOTERMIAad avvenuta installazione di sonde geotermiche a circuito chiuso nel territorio provinciale
(art. 30 bis, comma 5, del D.P.G.P. 26 gennaio 1987, n. 1-41/Leg.)

Il sottoscritto / La sottoscritta (Committente)

cognome _____ nome _____

nato a _____ il ____ / ____ / ____

residente a _____ indirizzo _____ n. civico _____

codice fiscale

indirizzo di posta elettronica/posta elettronica certificata (PEC) _____

telefono _____ fax _____

(se la domanda è presentata da una persona giuridica)

nella sua qualità di:

 titolare dell'impresa individuale legale rappresentante della società_____
(indicare la corretta denominazione)

con sede _____

codice fiscale / partita IVA _____

indirizzo di posta elettronica/PEC _____

comunica

di aver installato una o più sonde geotermiche e a tale scopo fornisce i seguenti dati:

| Proprietario del terreno (se differente dal Committente)* | | | |
|--|----------------------|--------------------------|----------------------|
| Cognome | <input type="text"/> | Nome | <input type="text"/> |
| Residente a | <input type="text"/> | Indirizzo | <input type="text"/> |
| Telefono | <input type="text"/> | E-mail/PEC | <input type="text"/> |
| Progettista* | | | |
| Cognome | <input type="text"/> | Nome | <input type="text"/> |
| Indirizzo (Comune, via/piazza, n°) | <input type="text"/> | | |
| Telefono | <input type="text"/> | E-mail/PEC | <input type="text"/> |
| Progetto | <input type="text"/> | | |
| Impresa esecutrice della perforazione*: | | | |
| Nominativo | <input type="text"/> | | |
| Indirizzo (Comune, via/piazza, n°) | <input type="text"/> | | |
| Telefono | <input type="text"/> | E-mail/PEC (facoltativa) | <input type="text"/> |



| | | |
|--|---|---|
| Modalità di perforazione* | | |
| <input type="radio"/> a percussione | <input type="radio"/> a rotazione con distruzione di nucleo | <input type="radio"/> a rotazione con carotaggio continuo |
| <input type="radio"/> a rotopercussione | <input type="radio"/> altro | Specificare <input type="text"/> |
| Ubicazione intervento | | |
| Comune di <input type="text"/> | p.ed numero <input type="text"/> | p.f. numero <input type="text"/> |
| del Comune Catastale di <input type="text"/> | Località/Indirizzo <input type="text"/> | |
| Coordinate (UTM WGS 84 - ETRS89 precisione +/- 2 m) <input type="text"/> | | |
| Modalità di acquisizione delle coordinate | | |
| <input type="radio"/> GPS posizionamento singolo <input type="radio"/> GPS con correzione differenziale <input type="radio"/> Misure ottiche standard | | |
| Dati relativi alle sonde geotermiche | | |
| Diametro sondaggio <input type="text"/> | Diametro tubi <input type="text"/> | n°fori <input type="text"/> |
| n° sonde <input type="text"/> | Spessore tubi <input type="text"/> | |
| Lunghezza/profondità raggiunta <input type="text"/> | Lunghezza totale <input type="text"/> | Potenza massima estrazione <input type="text"/> |
| Riempimento foro (es:bentonite,cemento) <input type="text"/> | Liquido termico <input type="text"/> | |

* I campi contrassegnati da (*) devono essere compilati se i dati non sono stati indicati nella comunicazione preventiva o se sono modificati rispetto a quanto precedentemente comunicato.

Con riferimento ai dati sopra riportati:

consento **non consento**

la divulgazione dei dati seguenti: “coordinate geografiche” e “stratigrafia”, tramite l’inserimento in una banca dati che sarà resa disponibile per la consultazione da parte del pubblico.

Informativa ai sensi del decreto legislativo 196/2003, articolo 13:

- i dati forniti verranno trattati esclusivamente con riferimento alla finalità per la quale per la quale sono stati resi;
- il trattamento sarà effettuato con supporto cartaceo e/o informatico;
- il conferimento dei dati è obbligatorio per dar corso alla procedura di mio interesse;
- titolare del trattamento è la Provincia Autonoma di Trento;
- responsabile del trattamento è il Dirigente del Servizio Geologico;
- in ogni momento potranno essere esercitati nei confronti del titolare del trattamento i diritti di cui all'art. 7 del d.lgs. 196/2003

Luogo e data

FIRMA DELL'INTERESSATO

.....

.....

Si allega la seguente documentazione:

- Stralcio della Carta Tecnica Provinciale alla scala 1:10.000 e della Mappa Catastale con riportata, su entrambi, l'ubicazione esatta dell'intervento;
- Relazione riepilogativa e sommaria delle opere realizzate comprensiva di documentazione fotografica;
- stratigrafia di dettaglio dei terreni attraversati comprensiva delle misure di temperatura dei terreni e dell'acqua alle varie profondità.

Note eventuali: _____

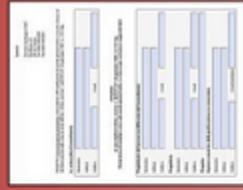
MODALITA' DI INVIO: le comunicazioni possono essere sottoscritte in originale e: a) consegnate a mano o spedite via posta; b) inviate via fax; c) sottoscritte con firma digitale e inviate tassativamente tramite posta elettronica certificata all'indirizzo serv.geologico@pec.provincia.tn.it.



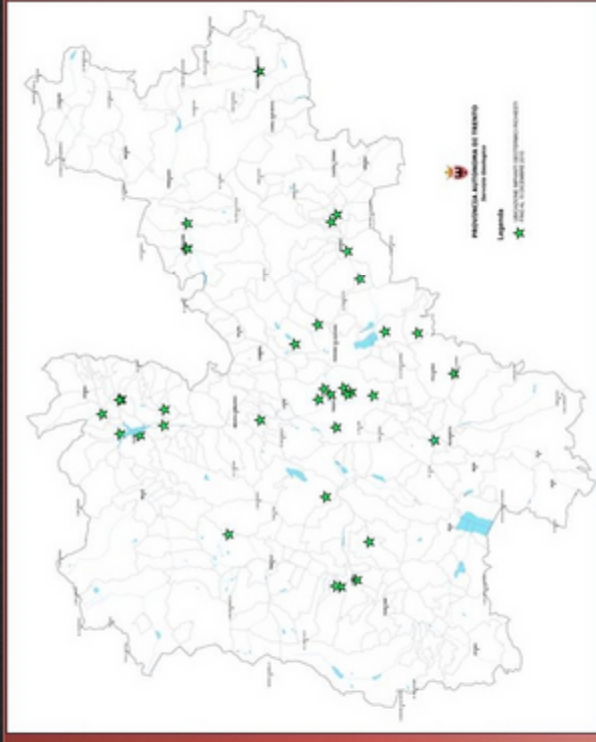
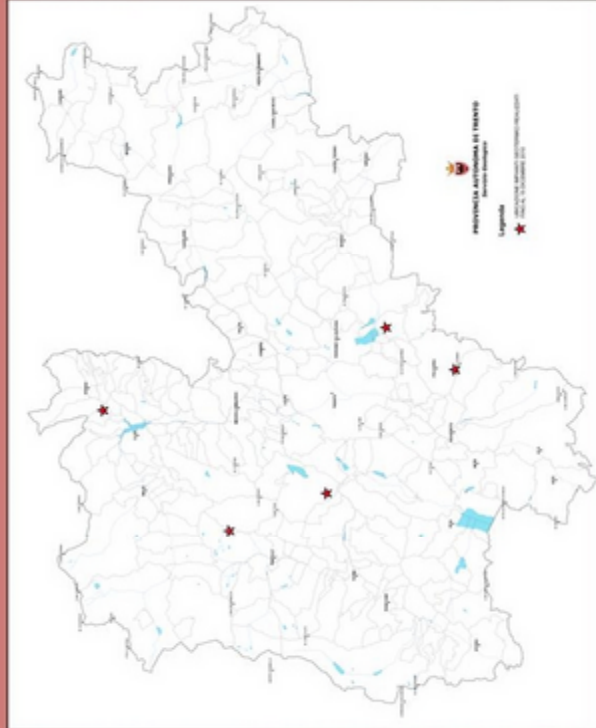
Disposizioni in materia di geotermia a circuito chiuso

OBBLIGO COMUNICAZIONI

Successivamente, in base all'Art. 30 bis - Sonde Geotermiche del DPGP 26 gennaio 1987 n. 1-41/Legisl, l'interessato deve inviare al Servizio Geologico, almeno 60 giorni prima dell'inizio dei lavori, una comunicazione preventiva, utilizzando l'apposita modulistica scaricabile anche da internet.



Chi intende realizzare un impianto geotermico a circuito chiuso deve come prima cosa verificare che la zona di intervento non ricada nelle aree di vincolo della carta delle limitazioni



Comunicazioni preventive ricevute dalla data di entrata in vigore dell'art. 30bis fino al 15 dicembre 2010.



Trascorsi 60 giorni dalla presentazione della comunicazione, termine entro il quale viene verificata la documentazione pervenuta, l'interessato può procedere all'installazione delle sonde. Terminati i lavori, prima dell'attivazione delle sonde stesse, deve darne comunicazione al Servizio Geologico utilizzando l'apposito modulo consuntivo allegando la documentazione tecnica richiesta.



Comunicazioni consuntive ricevute dalla data di entrata in vigore dell'art. 30bis fino al 15 dicembre 2010.



Geologia
 Carta Geologica d'Italia
 Foglio 1111
 1:50,000

Aut. Adm. n. 1/10000/1985
 Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
 Dipartimento di Geologia
 Università del Friuli Venezia Giulia
 Udine

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
 Foglio 1111
 1:50,000

TORRE DI TRIENTO
 Foglio 1111
 1:50,000

Aut. Adm. n. 1/10000/1985
 Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
 Dipartimento di Geologia
 Università del Friuli Venezia Giulia
 Udine

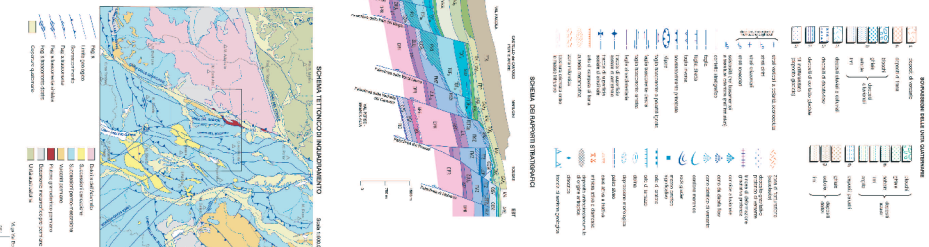
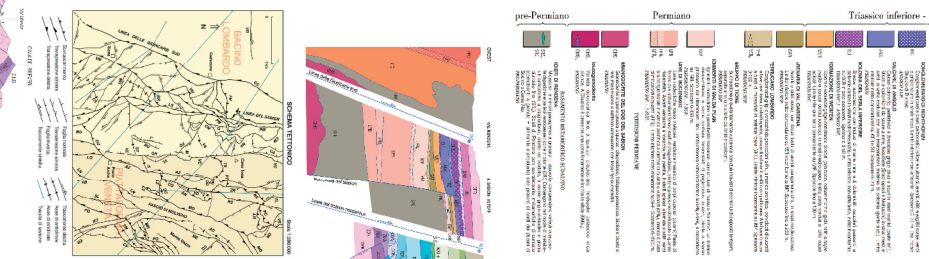
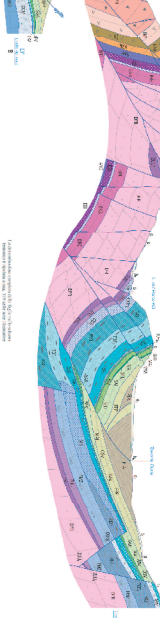
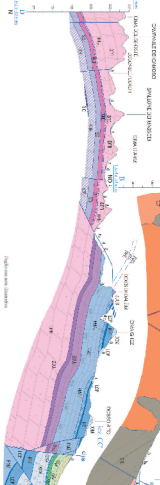
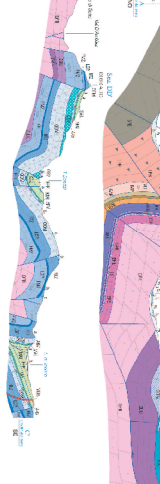
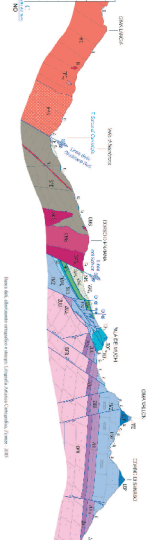
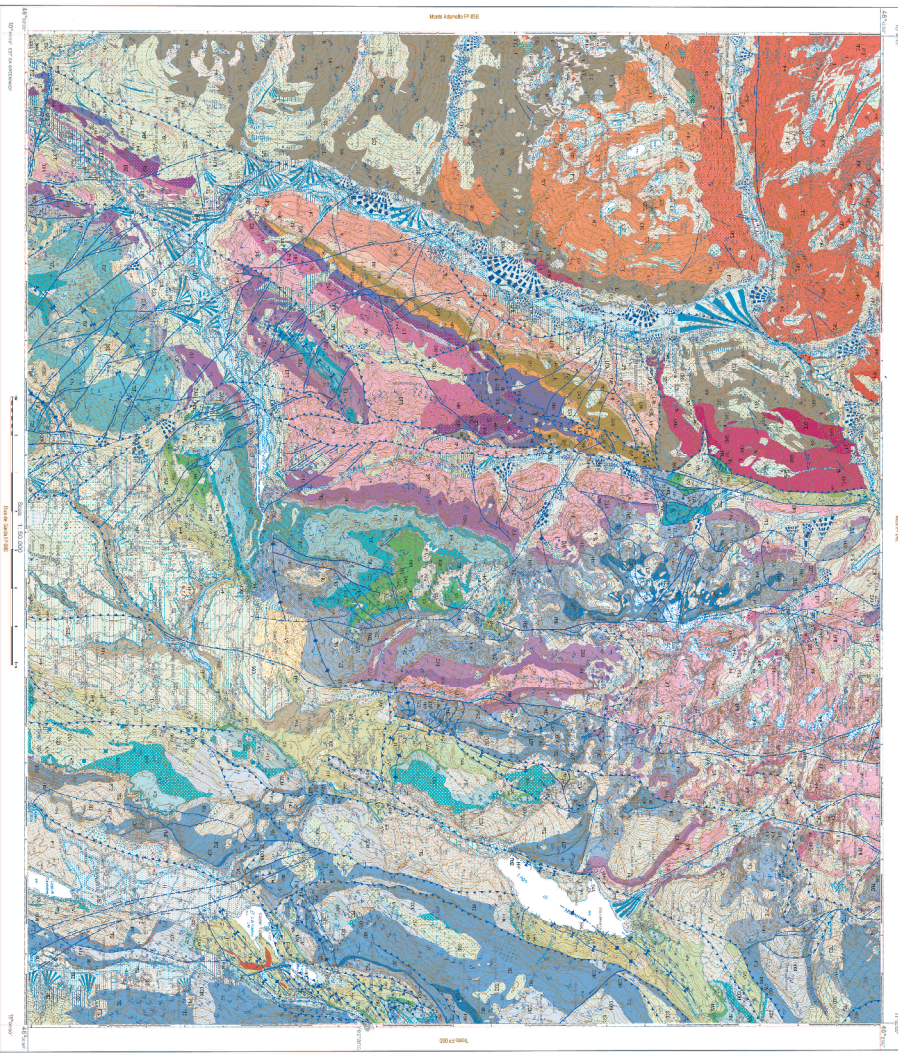
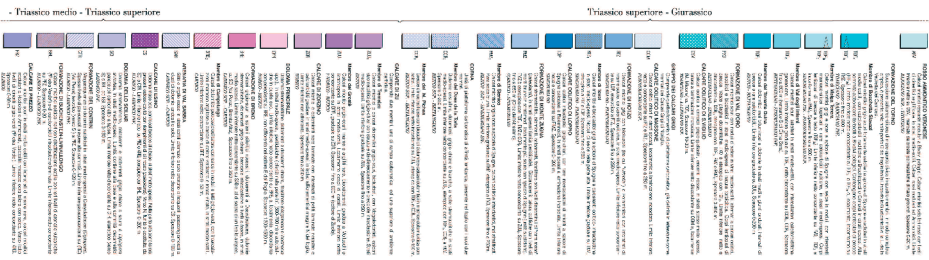
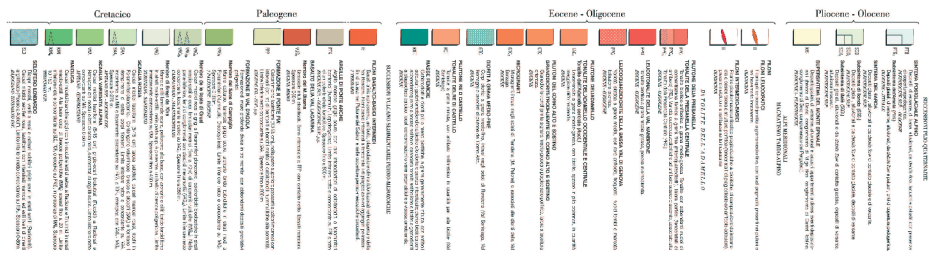
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
 Foglio 1111
 1:50,000

TORRE DI TRIENTO
 Foglio 1111
 1:50,000

Aut. Adm. n. 1/10000/1985
 Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia
 Dipartimento di Geologia
 Università del Friuli Venezia Giulia
 Udine

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
 Foglio 1111
 1:50,000

TORRE DI TRIENTO
 Foglio 1111
 1:50,000



ESCAVATIONEN QUARTÄRE

REINER QUARTÄRE LEHME (N1)
Reiner, nicht sandiger Lehm, aus dem der weiche Ton gewonnen wird.
LEHM (N2)
Lehm, in dem sich Sand (bis zu 10%) befindet.
LEHMBESCHÜTTUNG (N3)
Lehm mit Geröll, Kies und Blöcken. Ein Sandanteil von bis zu 50% ist zulässig.
MOSSUMSBOHLEN (N4)
Sandiger, meist grobkörniger Lehm mit einem Sandanteil von bis zu 15%.

PIUTRONE SUI BASSI

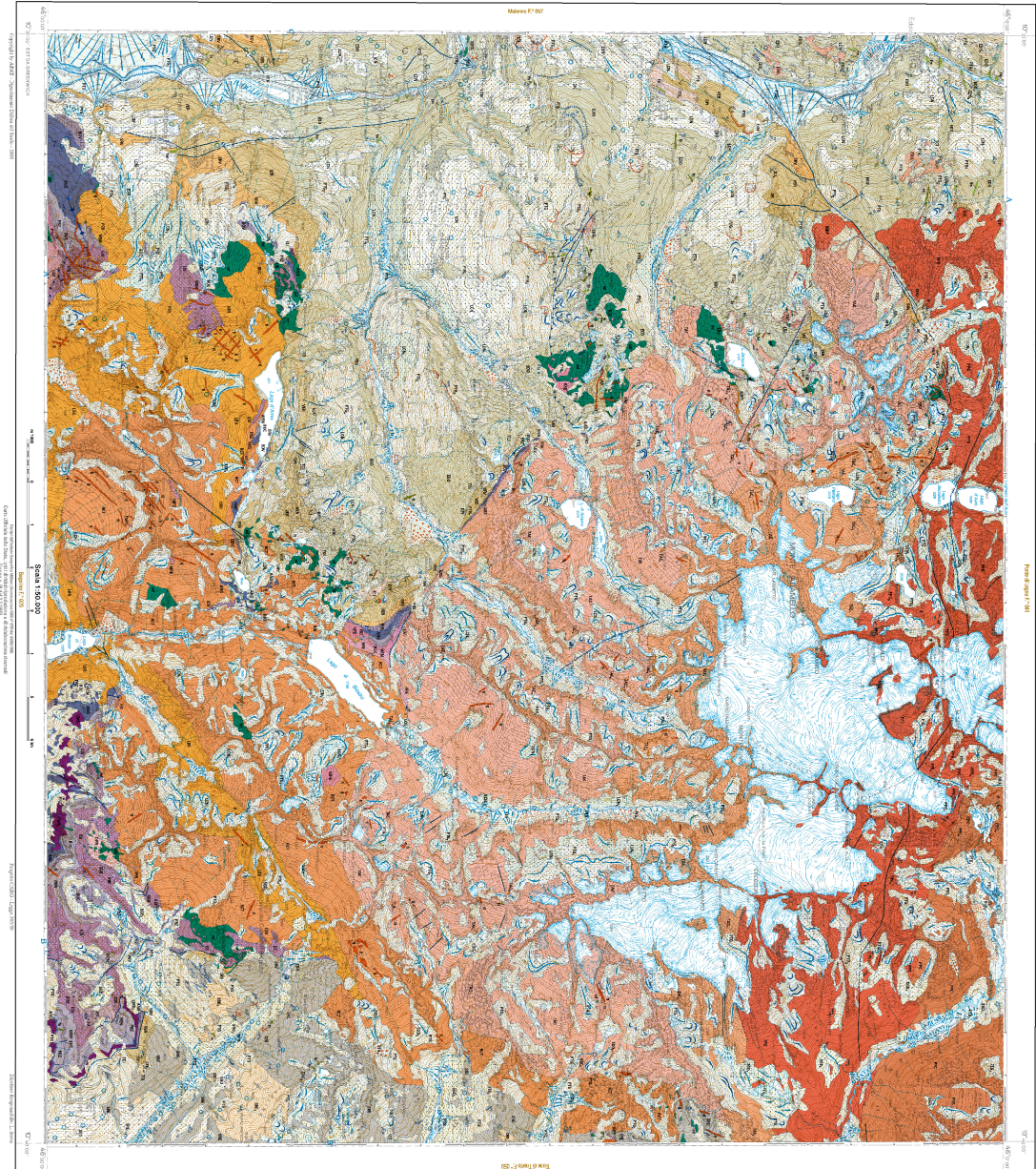
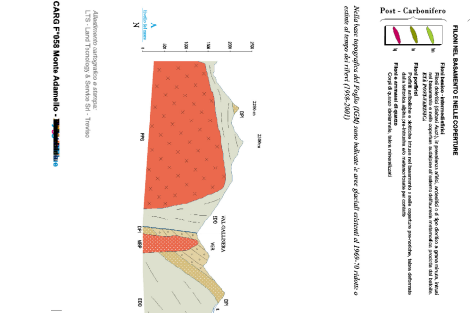
PIUTRONE SUI BASSI N.1 (P1)
Tuffe mit einem Sandanteil von bis zu 10% und einem Kiesanteil von bis zu 5%.
PIUTRONE SUI BASSI N.2 (P2)
Tuffe mit einem Sandanteil von bis zu 20% und einem Kiesanteil von bis zu 10%.
PIUTRONE SUI BASSI N.3 (P3)
Tuffe mit einem Sandanteil von bis zu 30% und einem Kiesanteil von bis zu 20%.

Kocene - Oligocene

PIUTRONE SUI BASSI N.4 (P4)
Tuffe mit einem Sandanteil von bis zu 40% und einem Kiesanteil von bis zu 30%.

Post - Carbonifera

PIUTRONE SUI BASSI N.5 (P5)
Tuffe mit einem Sandanteil von bis zu 50% und einem Kiesanteil von bis zu 40%.



INCESSIONI ESISTENZIALI E VOLCANI TRIASSICI

TRASSICO N.1 (T1)
Trasversali (N1) - Trassico (N1)
TRASSICO N.2 (T2)
Trasversali (N2) - Trassico (N2)
TRASSICO N.3 (T3)
Trasversali (N3) - Trassico (N3)
TRASSICO N.4 (T4)
Trasversali (N4) - Trassico (N4)

PERMIANO

PERMIANO N.1 (P1)
Permi (N1)
PERMIANO N.2 (P2)
Permi (N2)

PRE-PERMIANO

PRE-PERMIANO N.1 (PP1)
Pre-permi (N1)
PRE-PERMIANO N.2 (PP2)
Pre-permi (N2)

QUARTÄRE

REINER QUARTÄRE LEHME
LEHM
LEHMBESCHÜTTUNG
MOSSUMSBOHLEN

PIUTRONE SUI BASSI

PIUTRONE SUI BASSI N.1 (P1)
PIUTRONE SUI BASSI N.2 (P2)
PIUTRONE SUI BASSI N.3 (P3)
PIUTRONE SUI BASSI N.4 (P4)
PIUTRONE SUI BASSI N.5 (P5)

POST-CARBONIFERA

PIUTRONE SUI BASSI N.6 (P6)
PIUTRONE SUI BASSI N.7 (P7)
PIUTRONE SUI BASSI N.8 (P8)

